



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

**NÁVRH TECHNICKÉHO PROVEDENÍ INTENZIFIKACE
KOŘENOVÉ ČOV**

POSSIBILITIES OF TECHNICAL IMPLEMENTATION OF INTENSIFICATION THE
CONSTRUCTED TREATMENT WETLAND

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Pavel Suchánek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MIROSLAVA PUMPRLOVÁ NĚMCOVÁ

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Pavel Suchánek
Název	Návrh technického provedení intenzifikace kořenové ČOV
Vedoucí práce	Ing. Miroslava Pumprlová Němcová
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017
V Brně dne 30. 11. 2016	

prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

ČSN 75 6402. Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel. Praha: Český normalizační institut, 1998.

ČSN EN 12566-5. Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel. Brusel: Evropský výbor pro normalizaci, 2008.

KADLEC, R., WALLACE, S. 2009. Treatment wetlands, 2nd ed. CRC press, Boca Raton, FL.

KRIŠKA, K., NĚMCOVÁ, M. 2015. Kořenové čistírny odpadních vod. Metodická příručka pro návrh a realizaci. Vysoké učení technické v Brně.

ŠÁLEK, J., TLAPÁK, V.: Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod, Praha 2006, 283 s.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem bakalářské práce je navrhnout tři varianty intenzifikace stávající kořenové čistírny odpadních vod (KČOV) v obci Biskoupky. Současný stav kořenové čistírny, po více jak 20 letech provozování, vyžaduje úpravy, které mohou výrazně zlepšit její čistící účinnost. Rozsah těchto úprav je závislý na finančních možnostech obce resp. provozovatele a potřebách udržitelnosti celého čistícího objektu. Výsledkem bakalářské práce bude zhodnocení stávajícího stavu i výhledových požadavků na provoz čistírny. Na jejich základě budou vypracována možná řešení rekonstrukce KČOV. Každá z předložených variant by měla být podložena technickým návrhem konkrétního řešení s jasně definovanými výsledky zlepšení a odhadem finančních nákladů.

Vypracované varianty řešení, která budou výsledkem této bakalářské práce, mohou být vzorem pro další kořenové čistírny odpadních vod v České republice, jež se po letech provozu potýkají se stejnými problémy.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Miroslava Pumprlová Němcová
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce je studií tří variant řešení rekonstrukce a intenzifikace konkrétní kořenové čistírny odpadních vod. Požadavek na rekonstrukci stávajícího objektu čistírny vzešel od provozovatele, který požadoval zvýšení čistící účinnosti z důvodu předpokládaných změn na kanalizační stoce.

Úvodní část se zabývá teoretickou rešerší odborných poznatků a informací, které mají za úkol seznámit s problematikou kořenových čistíren. Postupně jsou uvedeny informace o vývoji, rekonstrukcích a podstatě fungování kořenových čistíren. Právě informace o rekonstrukcích na jiných kořenových čistírnách mohou být podstatné pro řešení této práce, kdy na základě výsledků o průběhu a efektivnosti navržených změn, je možné se inspirovat pro další řešení.

Praktická část práce je samotnou studií, v rámci které byly navrženy tři základní varianty řešení lišící se ekonomickou a technologickou náročností. Varianty na sebe navzájem navazují. První je nejméně náročná a slouží pouze k udržení dočasného stavu. Druhá varianta zahrnuje komplexní rekonstrukci objektu s využitím vertikálního filtru a zabezpečuje účinné odstranění sledovaných parametrů znečištění (NL, BSK₅, CHSK_{Cr}, N-NH₄⁺). Třetí varianta, ekonomicky i technologicky nejnáročnější, by měla navíc chemicky srážet fosfor. Pro přehlednost návrhu jsou všechny varianty zpracovány ve 3D modelu.

Účelem práce bylo vypracovat několik variant možného řešení rekonstrukce a intenzifikace stávající kořenové čistírny Biskoupky, aby si provozovatel mohl vybrat tu, která mu bude nejvíce vyhovovat, s přihlédnutím k investičnímu hledisku.

KLÍČOVÁ SLOVA

Kořenová čistírna odpadních vod, rekonstrukce, intenzifikace, horizontální filtr, vertikální filtr,

ABSTRACT

The Bachelors thesis is a study of three variants of solution of reconstruction and intensification of specific constructed wetland. Request for reconstruction of existing cleaner facility arose from an observer, who demanded increasing of cleaning efficiency because of expected changes on sewer.

The introductory part deals with a theoretical summary of expert knowledge and information, which are responsible for familiarization with problematics of constructed wetland. Just the information about reconstructions of others constructed wetlands could be essential for solving this thesis. Based on the results of the progress and effectiveness of the proposed changes, it is possible to be inspired for further solutions.

Practical part of thesis is a separate study, within which were proposed three variants of solution. Variants differ in economic and technical difficulty and are linked to each other. The first one is the least difficult option and serves only for maintain temporary state. The second variant includes complex reconstruction of the object using a vertical filter and ensures effective removal of observed pollution parameters (Suspended solids, COD, BOD, N-NH_4^+). The third option, economically and technologically the most demanding, should moreover chemically precipitate phosphorus. For clarity of the proposal were all variants compiled in 3D model.

The aim of thesis was to elaborate several variants of solution of reconstruction and intensification of existing constructed wetland Biskoupky so that the operator can choose the one that suits him at most, taking into account the investment aspect.

KLÍČOVÁ SLOVA

Constructed wetland, reconstruction, intensification, horizontal filter, vertical filter

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Pavel Suchánek *Návrh technického provedení intenzifikace kořenové ČOV*. Brno, 2017. 57 s., 28 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Miroslava Pumprlová Němcová

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26. 5. 2017

Pavel Suchánek
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí mé bakalářské práce, Ing. Miroslavě Pumprlové Němcové za opravdu velkou pomoc při tvorbě této práce. Počínaje poskytnutím materiálů, velkému množství konzultací a na konec závěrečné korekci této bakalářské práce. Velice rád bych vyzvednul Vaši ochotu, vstřícnost a pomoc při vypracovávání mé bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat Ing. Michalu Kříškovi, Ph.D. za poskytnutí odborných materiálů.

OBSAH

1	ÚVOD.....	1
2	CÍLE	2
3	KOŘENOVÁ ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD	3
4	SOUČASNÝ STAV A VÝVOJ KČOV.....	4
4.1	KČOV V ZAHRANIČÍ	4
4.2	KČOV V ČESKÉ REPUBLICE.....	5
4.2.1	REKONSTRUKCE	6
5	OBJEKTY A ČISTÍCÍ PROCESY NA KČOV	10
5.1	MECHANICKÉ PŘEDČIŠTĚNÍ.....	10
5.1.1	ODLEHČOVACÍ KOMORA.....	10
5.1.2	LAPÁK PÍSKU	11
5.1.3	USAZOVACÍ NÁDRŽE	11
5.2	BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ.....	12
5.2.1	HORIZONTÁLNÍ FILTR.....	13
5.2.2	VERTIKÁLNÍ FILTR	14
5.2.3	STABILIZAČNÍ NÁDRŽ	15
5.2.4	VEGETACE NA KČOV	17
5.3	SLEDOVANÉ UKAZATELE KVALITY VODY NA KČOV	20
5.3.1	LEGISLATIVA	20
5.3.2	BSK ₅	21
5.3.3	CHSK _{Cr}	22
5.3.4	NL.....	22
5.3.5	N _{CELK}	22
5.3.6	P _{CELK}	23
5.4	ČISTÍCÍ PROCESY NA KČOV	23
5.4.1	NITRIFIKACE	24
5.4.2	DENITRIFIKACE	24
5.4.3	MINERALIZACE	25
5.5	KOLMATACE.....	25
6	KČOV BISKOUPKY – PŮVODNÍ NÁVRH.....	26
6.1	ZÁKLADNÍ ÚDAJE.....	26
6.2	NÁVRHOVÉ PARAMETKY	26
6.3	CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ.....	26
6.3.1	POLOHA OBCE	27
6.3.2	KLIMATICKÉ ÚDAJE.....	27
6.3.3	GEOLOGICKÉ POMĚRY	28

6.4	POPIS DÍLA	29
6.4.1	VSTUPNÍ PARAMETRY	29
6.5	POVOLENÉ LIMITY VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD.....	30
6.6	OBJEKTY NA KČOV.....	30
6.6.1	ODLEHČOVACÍ KOMORA	30
6.6.2	ČESLE	30
6.6.3	AKUMULAČNÍ KOMORA	30
6.6.4	HORIZONTÁLNÍ KOŘENOVÁ POLE	31
6.7	DALŠÍ ÚDAJE O KČOV	31
7	SOUČASNÝ STAV KČOV A KANALIZACE	32
7.1	KANALIZACE	32
7.2	KČOV BISKOUPKY.....	32
7.3	ZHODNOCENÍ.....	33
8	VARIANTY ŘEŠENÍ ÚPRAV KČOV	34
8.1	PŘEDBĚŽNÝ PRŮZKUM	34
8.2	VARIANTA I – DOČASNÉ ŘEŠENÍ	35
8.2.1	STRUČNÝ PŘEHLED CELÉHO ŘEŠENÍ	35
8.2.2	ZÁKLADNÍ POPIS ŘEŠENÍ	35
8.2.3	STRUČNÝ POPIS ŘEŠENÍ VARIANTY I.....	36
8.3	VARIANTA II – EFEKTIVNÍ REKONSTRUKCE.....	38
8.3.1	STRUČNÝ PŘEHLED CELÉHO ŘEŠENÍ	38
8.3.2	STRUČNÝ POSTUP REALIZACE VARIANTY II	39
8.4	VARIANTA III – KOMPLETNÍ REKONSTRUKCE.....	43
8.4.1	STRUČNÝ PŘEHLED CELÉHO ŘEŠENÍ	43
8.4.2	STRUČNÝ POSTUP REALIZACE VARIANTY III	44
9	ZÁVĚR	48
10	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	50
	SEZNAM TABULEK	53
	SEZNAM OBRÁZKŮ	54
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	55
	SEZNAM PŘÍLOH.....	56
	PŘÍLOHY.....	57

1 ÚVOD

Stejně, jako je tomu již několik desetiletí ve světě, začínají být i v České republice kořenové čistírny odpadních vod používanou a uznávanou technologií pro čištění komunálních odpadních vod do 1 000 EO, a to i navzdory prvotním obtížím způsobených nevolí vodohospodářských úřadů, které je nechtěly povolovat. Právě v dnešní době stoupá obliba kořenových čistíren, a to především z důvodu nižších investičních nákladů, ale především pro nízké provozní náklady.

Realizace kořenových čistíren mají výhodu i v jednoduchosti řešení, neobsahují žádné technologicky složité procesy či velké betonové konstrukce, na rozdíl od klasických ČOV. Kořenové čistírny jsou velice snadno zapracovatelné do krajiny a nenarušují tak její přírodní ráz. Dále zlepšují místní klimatické podmínky a vytváří tak specifický biotop, zadržují vodu v krajině, dobře zvládají i nízké koncentrace znečištění a slouží jako úkryt drobných živočichů.

Prvotní návrhy, podle kterých byly KČOV dříve budovány, měly jisté technické a technologické nedostatky a kvůli těmto nedokonalým projektům si, především mezi odborníky, nevytvořili dobré jméno. Již zmíněné nedostatky způsobují poruchy a nízkou čistící účinnost kořenových čistíren. Zpřísňující se požadavky na kvalitu vypouštěných odpadních vod a fakt, že mnohé čistírny nefungují dostatečně kvalitně, mají za následek nutnou potřebu rekonstrukce a intenzifikace. Vlastníci čistírenských objektů, kterými jsou především obce, si chtějí KČOV ponechat, zejména z důvodu jednoduchého provozování, nízkým provozním nákladům a především kvůli relativně malé investici do samotné intenzifikace KČOV, oproti investici na vybudování nového typu čistírny.

V případě, že se obec rozhodne přistoupit k rekonstrukci stávající kořenové čistírny, by bylo ideální si nechat vypracovat studii několika variant řešení rekonstrukce, aby si obec mohla vybrat ideální řešení, které jí bude vyhovovat a odpovídat jejím finančním možnostem.

Kořenová čistírna odpadních vod v obci Biskoupky je příkladem typické KČOV, která potřebuje provést rekonstrukci. Stávající kořenová čistírna má zakolmatovaná obě horizontální filtrační pole a téměř nefunkční mechanické předčištění. Správce toku vyžaduje, aby čistírna odbourávala amoniakální dusík, a tak v blízké době může dojít ke zpřísnění limitů na odtokové koncentraci sledovaných parametrů. A právě to je důvod k tomu situaci řešit rekonstrukcí stávající kořenové čistírny odpadních vod.

2 CÍLE

První část práce by měla být zpracována jako literární rešerše, která by poskytla základní informace o problematice kořenových čistíren. Jednotlivé kapitoly by měly objasnit situaci ve světě, a především v České republice, a to jak z pohledu vývoje, tak hlavně z pohledu rekonstrukce na třech vybraných kořenových čistírnách. Následující kapitoly by měly popsat problematiku kořenových čistíren z pohledu technologického řešení a čistících procesů, které se na KČOV realizují. Úvodní kapitoly jsou strukturovány tak, aby poskytly základní informace pro pochopení praktické části této práce.

Praktická část práce by měla využít všech uvedených teoretických poznatků k dosažení stanovených cílů. Hlavní cíl praktické části spočívá ve vypracování několika variant řešení rekonstrukce a intenzifikace kořenové čistírny Biskoupky. Po zhodnocení původního návrhu a současného stavu KČOV by v rámci návrhu intenzifikace měly být vypracovány tři varianty s různými modifikacemi technologického uspořádání, které by zajistily komplexní řešení rekonstrukce. Varianty se dají rozdělit podle velikosti rozsahu rekonstrukce, která bude mít vliv na výslednou čistící účinnost v odstranění vybraných sledovaných parametrů znečištění, a investičních nákladů. V závěru řešení bakalářské práce by měly být vytvořeny 3D modely navržených řešení, které by sloužily k lepšímu pochopení jednotlivých návrhů.

Tato práce by mohla fungovat jako vzorové řešení pro vypracovávání dalších projektů rekonstrukce a intenzifikace na stávajících kořenových čistírnách. Na našem území se nachází velké množství dlouhodobě provozovaných kořenových čistíren ve stejném anebo podobném stavu jako je KČOV v obci Biskoupky, a právě pro tyto kořenové čistírny by měla být tato práce příkladem.

3 KOŘENOVÁ ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD

Kořenové čistírny odpadních vod (KČOV), jako alternativní čistírenská technologie, je založená na přirozeném a pomalém čištění odpadních vod přes substrát, který musí být dostatečně propustný, aby nedocházelo ke kolmataci a následně povrchovému odtoku (Vymazal, 2005; Šálek a kolektiv, 2012). KČOV využívají fyzikální, chemické a biologické procesy, k nimž dochází ve filtračním prostředí (Kadlec a Wallace, 2009; Langergraber a Haberl, 2001). Přírodní charakter čistíren, napomáhá jejímu začlenění do přirozeného přírodního prostředí, další funkce jako estetický vliv na člověka, zlepšování mikroklimatu v okolí, zadržování vody v krajině, přírodní biotop ro živočichy atd. jsou doprovodné funkce, plynoucí z technologického uspořádání (Šálek a kolektiv, 2008; Křiška a Němcová, 2015). Pro zajištění estetické funkce je nezbytné vysázení mokřadní vegetace, což je ovšem běžnou praxí a provádí se tak v 99 %, nejčastěji se využívá rákos obecný (*Phragmites australis*), chřastice rákosovitá (*Phalaris Arundinacea*), orobinec (*Typha latifolia*). Rostliny neslouží pouze jako estetická funkce, ale jejich kořenový systém je nosičem bakterií, které napomáhají procesu čištění (Zhao, 2012). Navíc pro potřeby vegetačního růstu částečně poutají fosfor a dusík, těžké kovy, tenzidy a tím zvyšují čistící účinnost KČOV (Šálek a kolektiv, 2008; Kadlec a Wallace, 2009).

Další výhodou kořenových čistíren je relativně jednoduchá výstavba, u domovních čistíren možné provádět i svépomocí, a nenáročné provozování, především ve srovnání s jinými typy čistíren odpadních vod (nízko zatěžovaná aktivace apod.). Kořenové čistírny se tak dají využít k čištění domovních odpadních vod, ale i pro větší skupiny domů a komunálních vod zpravidla do 500 EO, ojediněle do 2000 EO (Kadlec a Wallace, 2009; Vymazal, 1996).

Správně navržená kořenová čistírny pak dokáže odstraňovat nežádoucí znečištění především ve sledovaných parametrech BSK₅, CHSK_{Cr}, NL, N-NH₄⁺ a částečně i P_c. Koncentrace na odtoku pro zmíněné parametry mohou dosahovat hodnot NL < 2 mg/l, BSK₅ < 2 mg/l, CHSK_{Cr} < 40 mg/l, N-NH₄⁺ < 0,1 mg/l, P_c < 1 mg/l (Němcová a Křiška, 2016; Kadlec a Wallace, 2009; Vymazal, 2005).

Mezi nevýhody patří poměrně velká plocha na 1 EO, u horizontálního filtru průměrně 5 m², u vertikálního cca 2 m², a u stabilizačních nádrží cca 10-15 m². Dále řadíme taktéž nižší účinnost HF při odstraňování amoniakálního dusíku, dnes již lze doplnit o pulzní vypouštění, čímž zvýšíme obsah kyslíku v náplni pole a navodíme prostředí pro nitrifikaci. Do nevýhod je nutné zahrnout i výkyvy účinnosti v závislosti na klimatických podmínkách (v zimním období nám nepomáhá vegetace), delší dobu zdržení, údržbu polí, kosení a odklizení přebytečné biomasy z vegetace (Šálek a kolektiv, 2008).

4 SOUČASNÝ STAV A VÝVOJ KČOV

4.1 KČOV V ZAHRANIČÍ

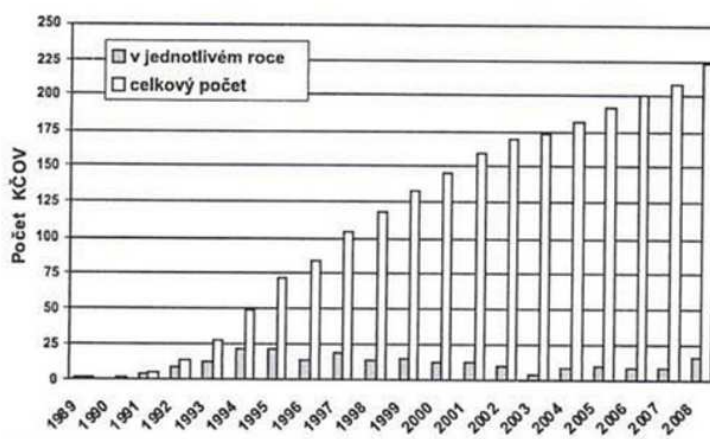
První kořenové čistírny v Evropě se začaly budovat na začátku 50. let, a to jako zkušební polo provozy, především v Německu. Ovšem až na přelomu 60. a 70. let došlo k vybudování prvních plně provozních kořenových čistíren, využívající mokřadní vegetaci, na území Nizozemska a Německa. Od začátku 70. let, do dnešní doby jsou kořenové čistírny, již rozšířené téměř po celé Evropě, což čítá přibližně 60 000 čistíren (údaj k roku 2004) (Kadlec a Wallace, 2009). Mezi státy s největším počtem KČOV patří Německo, kterému připadá cca 80 % KČOV, mezi další státy s velkým počtem KČOV patří Rakousko (cca 1500 KČOV), Velká Británie (cca 850 KČOV) a Dánsko (cca 500 KČOV), dále jsou často využívány v Itálii, Portugalsku, Polsku, Francii. Je důležité poznamenat, že většina KČOV je tvořena jako malé domovní čistírny, které jsou často zapojeny do série za stávající septik (www.ceskaenergetika.cz, 2008).

Výrazně chladnější klima, není pro KČOV žádný zásadní problém, důkazem toho jsou studie, které byly provedeny v Severní Americe a Evropě (KČOV v Norsku či Estonsku) (Vymazal, 2004; Maehlum a Stalnacke, 1999; Tunçsiper a kol., 2015). Dle posledních studií je vliv na účinnost odstraňování nerozpustných látek vlivem chladného klimatu, prakticky nulový. V případě odstraňování BSK₅ se již studie hodně rozcházejí, faktem ale zůstává, že mikrobiální organismy i v zimě přežívají a stále odbourávají organické znečištění. V zimě vlivem nižší teploty možná dochází k snížení účinnosti, ale zase naopak se zvyšuje koncentrace rozpuštěného kyslíku, který má za následek zvýšení účinnosti čištění (Maehlum a Stalnacke, 1999; Vymazal, 2001; Kadlec a Knight, 1996). Při odstraňování dusíku v zimních měsících pomocí nitrifikace a denitrifikace, dochází k vyšším výkyvům oproti letním měsícům, zde má také velký vliv i vegetace, která procento účinnosti čištění zvyšuje (vliv teplota, ale i stáří rostliny) (Huang a kol., 2013; Song a kol., 2006; Akrotos a Tsihrintzis, 2007).

Vývoj KČOV v celé řadě zemí, byl ve svých začátcích poznamenán velkým odporem, a to především ze strany úřadů. Klasickým případem je Rakousko, kde za období od roku 1983 do 1995 bylo zprovozněno cca 50 KČOV, až po této době byl odpor úřadů zlomen, a tak došlo k velkému rozmachu kořenových čistíren a v dnešní době je v Rakousku více jak 1500 KČOV. Zcela odlišný přístup zvolila třeba Velká Británie a Dánsko. Tyto země se rozhodly v 80. letech, povolit stavbu několik desítek KČOV, aby byla ověřena jejich účinnost a provozu schopnost. Na základě mnoha kladných výsledků, bylo vydáno kladné hodnocení pro místní vodohospodářské úřady, které na základě tohoto hodnocení povolovali další stavby. V dnešní době jsou již KČOV, úřady akceptovány jako dobrý způsob odstraňování nerozpustných látek a organického znečištění, jelikož tuto funkci plní kvalitně, a to bez vlivu ročního období. (www.ceskaenergetika.cz, 2008).

4.2 KČOV V ČESKÉ REPUBLICE

Vývoj alternativního způsobu čištění v České republice byl zapříčiněn realizací prvních kořenových čistíren, a to od roku 1989, kdy byla uvedena do provozu úplně první KČOV v ČR (www.vodnihospodarstvi.cz, 2016). I v ČR byly problémy s povolováním výstavby KČOV, stejně jako v zahraničí. Hlavní důvod nevole úřadů byl ten, že KČOV nebyly na seznamu tzv. „doporučených způsobů čištění odpadních vod pro malé zdroje znečištění“ a proto byly v následujících dvou letech u nás vybudovány pouze další čtyři kořenové čistírny odpadních vod. Paradoxně byla jednoduchost systému dalším důvodem, který vadil vodohospodářským úřadům s odůvodněním, že je systém příliš jednoduchý nato aby tak dobře fungoval. V letech 1992 došlo v ČR k zrušení předem zmíněného seznamu a dále také k získání větší finanční nezávislosti obcí, v návaznosti na tyto události došlo na vybudování 22 KČOV v době 1992-1993 (Vymazal, 2004). Do roku 2008 bylo u nás uvedeno do provozu nebo ve výstavbě cca 250 KČOV.



Obr. 1 Vývoj KČOV v České republice

Česká legislativa přesněji NV č.401/2015 Sb. rozděluje KČOV podle počtu ekvivalentních obyvatel (dále jen EO), více v kapitole 5.3.1 Legislativa. Nejvíce KČOV je navrženo jako domovní čistírny (do 20 EO) a pro malé obce 100-500 EO. Nutno podotknout, že pro kategorii 100-500 EO jsou KČOV nejvhodnější. Největší KČOV byla navržena v Osové Bitýšce (1 000 EO), ve Spáleném Poříčí jsou v provozu dvě KČOV (se společným odtokem) celkem pro 1 200 EO (Vymazal, 2009). Ovšem takto veliké čistírny jsou spíše výjimkou, minimálně u nás v ČR. I přes to že KČOV fungují, stále se potýkají se špatnou pověstí. Tyto problémy jsou zapříčiněny špatným návrhem, a to především ve fázi projektu, jelikož v dřívějších dobách nebyly dostatečné zkušenosti s tím, jak se má správně KČOV navrhovat, to mělo často za následek poddimenzování čistírenských objektů, které způsobovalo kolmataci filtračních polí, zápach, nedostatečné čištění a nevhlednost (při nedostatečné údržbě) a tím i neúčinnost celého systému. Je nutné podotknout, že KČOV navrhované na základě nejnovějších poznatků projektů jsou již spolehlivé a fungují bez problémů (Němcová a Křiška, 2016).

V České Republice jsou limity pro kořenové čistírny uvedeny v NV č. 401/2015 Sb. Podle legislativy se na čistírnách sledují následující ukazatele znečištění vody BSK_5 , $CHSK_{Cr}$, NL , $N-NH_4^+$, $P_{CELK.}$, $N_{CELK.}$. Každá čistírna musí tyto parametry a jejich limity sledovat, pokud jí to tedy legislativa nařizuje. Sledování jednotlivých parametrů se odvíjí podle počtu EO v dané obci. Přesné rozdělení čistíren a k nim přidělené parametry a limity jsou uvedeny v kapitole 5.3.1 LEGISLATIVA (NV č. 401/2015 Sb.).

4.2.1 REKONSTRUKCE

Požadavek na zvýšení čistící účinnosti a snížení odtokových koncentrací vybraných parametrů nutí provozovatele kořenových čistíren odpadních vod k intenzifikaci stávajících technologických řešení, které je často tvořeno systémem mechanického předčištění a horizontálního filtračního pole (dále jen HF).

Hlavním problémem stávajícího stavu je nejčastěji nedostatečná doba zdržení v mechanickém předčištění (šterbinová nádrž – malá doba zdržení), z toho pramení další problémy na horizontálním filtračním poli, a to především míra zakolmatování, která je tím větší, čím víc dochází k vyplavování jemných částic z mechanického předčištění. Z toho důvodu se provádí intenzifikace mechanického stupně, která zvýší usazovací schopnost mechanického předčištění, buď úpravou stávajícího mechanického stupně anebo vybudováním nového. Dále se provádí úpravy na biologickém stupni, a to ve formě vybudováním nového vertikálního filtru (dále jen VF), nebo přebudováním části horizontálního filtru (HF) na vertikální, popřípadě předělání celé plochy HF na VF, ale velice často dochází k předělání pouze části HF na VF, jelikož vertikální filtry jsou efektivnější a mají větší účinnost než horizontální, a tudíž potřebují menší plochu než HF.

Bakalářská práce se věnuje možnostem rekonstrukce kořenové čistírny, která je v provozu již několik let. Níže jsou uvedeny tři příklady rekonstrukcí KČOV, na kterých bylo nutné provést intenzifikaci čistícího stupně, stejně jako to říká zadání této bakalářské práce. Tyto tři zmíněné kořenové čistírny zároveň sloužily jako podklad pro vlastní řešení této práce. Na základě získaných informací při návrhu řešení, realizaci a následném provozu zmiňovaných KČOV, byly vypracované varianty řešení intenzifikace v obci Biskoupky.

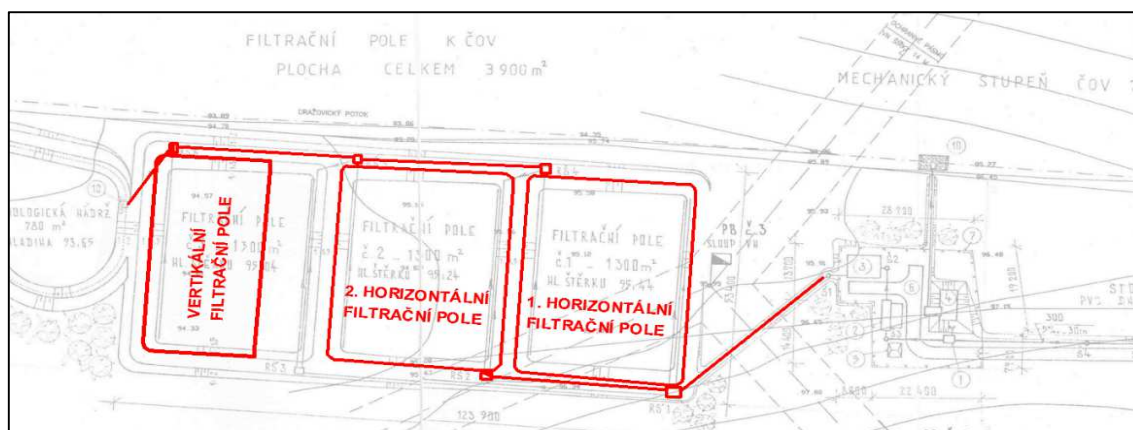
DRAŽOVICE

KČOV Dražovice pro 850 EO, má dle příslušné legislativy sledovat a dodržovat příslušné limity pro amoniakální dusík ($N-NH_4^+$) (NV č. 401/2015 Sb.) a jelikož je čistírna neplnila, bylo nutné přistoupit k intenzifikaci. Na intenzifikaci bylo využito nejnovějších poznatků a technologií, toto řešení spočívá v rekonstrukci 3. HF zapojeného paralelně, rekonstrukce HF představuje jeho kompletní předělání na pulzně skrápěný vertikální filtr. Hlavní princip této intenzifikace spočívá v předělání již zmíněného 3. HF na pulzně skrápěné vertikální pole. Takovouto změnou režimu proudění a využití vlastností filtračního materiálu, jsou vytvořeny ideální podmínky pro nitrifikaci. Vertikální pole je navrženo na místě původního 3. horizontálního filtru. Potřebná plocha VF je menší než plocha stávajícího 3. HF a odpovídá 800 m^2 . Návrh vertikálního pole

proběhl na základě celkového denního látkového zatížení $CHSK_{Cr}$, kdy se předpokládá, že filtr zpracuje 15 ($g/m^2/den$) (Němcová, 2017).

Výběr 3. HF nebyl náhodný, před rekonstrukcí byly provedeny série měření, které měly za účel určit jaké pole má nejmenší čistící účinnost a z tohoto měření vyšlo nejhůře právě 3. HF. V druhé polovině roku 2015 bylo dokonce odstaveno z provozu, čímž ale nebyla nijak zásadně ovlivněna kvalita odtékající odpadní vody (Němcová, 2017).

Umístěním vertikálního filtru na místo původního horizontálního filtru, dojde ke snížení investičních nákladů. Intenzifikace počítá se zachováním původního drenážního potrubí, které odvádí odpadní vodu dál v našem případě do stabilizační nádrže, dále též bude zachována původní hydroizolace horizontálního filtru (Němcová, 2017). Materiálová skladba filtrační vrstvy je stanovena dle „Metodické příručky pro povolování, návrh, realizaci a provoz“. Hlavní filtrační vrstva je tvořena praným pískem 0-4 mm.



Obr. 2 Plán intenzifikace KČOV Dražovice

KOTENČICE

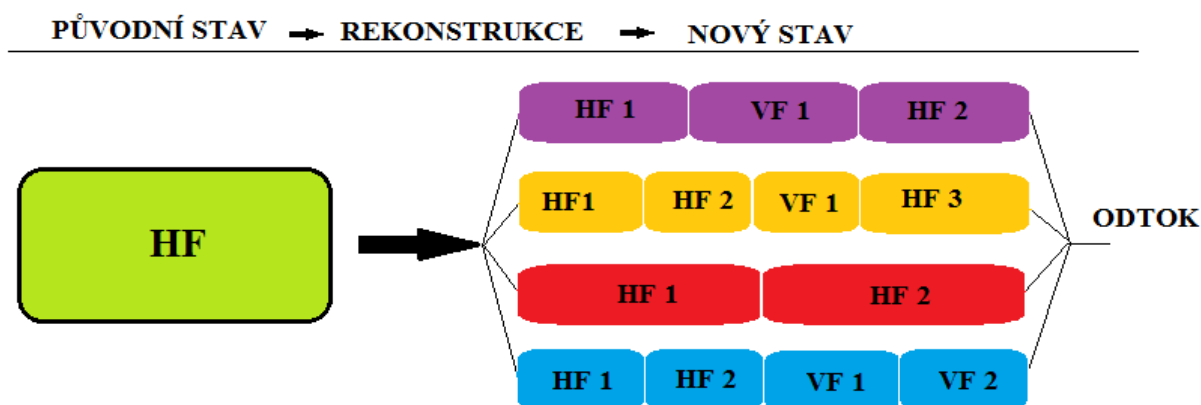
KČOV Kotečnice byla uvedena do provozu v roce 1994. I přes poměrně vysokou účinnost čistícího procesu KČOV, došlo k postupné kolmataci první čtvrtiny filtračního pole a bylo tudíž v roce 2011 přistoupeno k její rekonstrukci. Nový návrh čistírny je dimenzován na 250 EO. V obci byla vybudována nová oddílná kanalizace, která byla samozřejmě napojena do stávající kanalizační sítě (www.dekonta.cz, 2014).

Pro dostatečné mechanické předčištění je voda přivedena do šterbinové nádrže s dostatečnou dobou zdržení a dále do akumulární a čerpací jímky, která je zhotovena ze stávajícího septiku. Z důvodu zmenšení investičních nákladů na elektrickou přípojku je jímka osazena ponorným kalovým čerpadlem na solární zdroj. Odpadní voda je čerpána do rozvodného potrubí kořenových filtrů, které jsou uspořádány do čtyřech paralelních polí, ve kterých jsou sériově zapojeny různé modulární soustavy horizontálních ($911 m^2$; hloubka 0,7 – 0,9 m) a vertikálních pulzně plněných ($300 m^2$; hloubka 1,3 m) kořenových filtrů (Němcová, 2015). Jako vegetace byly použity mokřadní rostliny rákos obecný, chrastice rákosovitá, kosatec žlutý a sibiřský, zblochan vodní a kyprej vrbicí. Systém disponuje možností vzájemného prepouštění

odpadních vod mezi jednotlivými moduly tak, aby bylo možno testovat co největší množství variantních řešení uspořádání (www.dekonta.cz, 2014).

Testování na různých typech filtračních polí ukázalo, že vertikální filtry mají nezastupitelný význam jako čistící stupeň na kořenových čistírnách, především z důvodu vysoké čistící účinnosti v odstraňování amoniakálního dusíku (Křiška, 2014).

Důležitou podmínkou je pak nepravidelný (pulzní) přívod odpadní vody na povrch pole.



Obr. 3 Plán intenzifikace KČOV Kotečnice

VELKÁ JESENICE

Dalším příkladem rekonstrukce původních horizontálních filtračních polí na systém využívající zapojení vertikálního filtru je obec Velká Jesenice

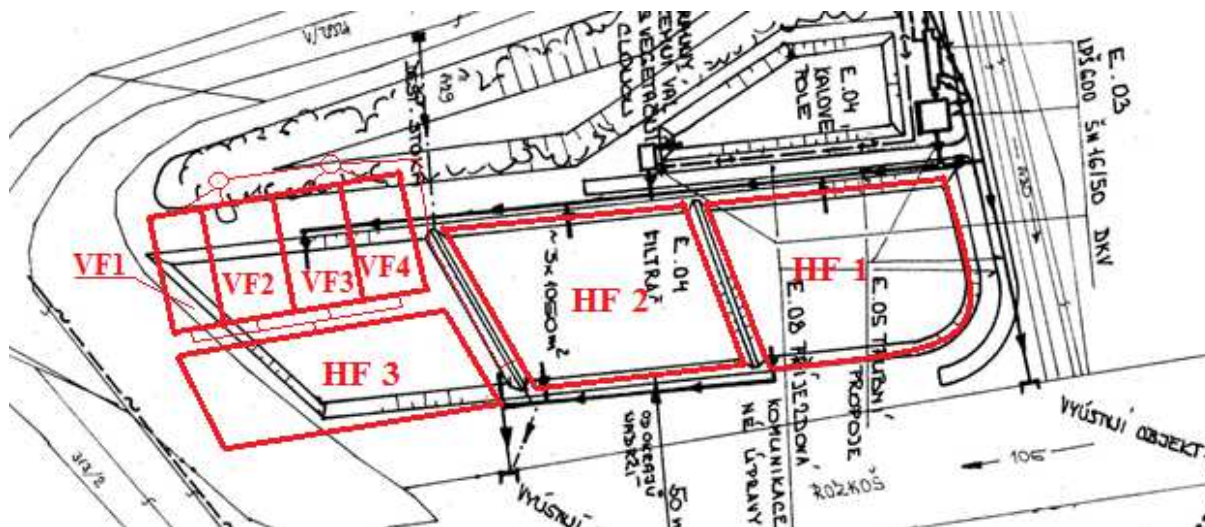
Velká Jesenice má cca 750 obyvatel, ovšem jen 650 obyvatel je napojeno na kanalizaci. Obec má k dispozici dvě kanalizace pro dvě části obce v jedné je oddílná a v druhé jednotná. Čistírna je v původním projektu navržena na 700 EO

V roce 1995 začala výstavba čistírny, ovšem v pozmeněné verzi, namísto tří HF byly vystavěny pouze dvě horizontální pole, tím se zmenšila dimenze čistírny z 700 EO na 550 EO. Původně zamýšlené kalové pole bylo zmenšeno na polovinu. Čistírna byla kolaudována v roce 1998 po zkušebním provozu. Stanovené limity pro znečištění byly splňovány i s poddimenzováním čistírny, ale se změnou legislativy došlo k zprísnění, a bylo požadováno odstraňování amoniakálního dusíku (N-NH_4^+).

V letech 2014-2015 bylo vypsáno řízení na vypracování dokumentace pro rekonstrukci KČOV Velká Jesenice. Byla vybrána varianta s využitím vertikálního filtru (VF). Do stávajícího systému dvou horizontálních filtrů byl přidán nový vertikální filtr a třetí horizontální filtr, který byl umístěn za stávající horizontální filtry. Stávající HF budou předčišťovat odpadní vodu a sloužit jako ochrana následného VF, který bude sloužit jako hlavní čistící stupeň. V třetím HF budou podmínky nastaveny tak, aby tam probíhala co nejintenzivnější denitrifikace. Materiál

na třetí HF byl zvolen štěrk. Rekonstrukce se netýkala pouze vybudování nového VF, ale také obnovou již zakolmatovaných filtračních polí, které byly ve velice špatném stahu způsobeným vybudováním pouze dvou HF, namísto tří. Dále se vybuvovala nová čerpací stanice a byly provedeny úpravy stavebních objektů př. výměna rozvodových dílců v HF, poklopy a vstupy do šachet, vysrávky povrchů a nátěrů.

Nově navržená KČOV je po rekonstrukci navržená na 670 EO, z původních 550 EO. Náklady na celkovou rekonstrukci se vyšplhaly na 5 698 000 Kč včetně DPH (Jeništa, 2017).



Obr. 4 Plán intenzifikace KČOV Velká Jesenice

5 OBJEKTY A ČISTÍCÍ PROCESY NA KČOV

Kořenová čistírna odpadních vod se jako celek skládá z několika na sebe navazujících částí. Na přítoku se v případě jednotné kanalizace nachází odlehčovací komora. Za odlehčovací komorou navazují jemné česle s případným lapákem písku. Na lapák písku je dále napojena usazovací nádrž, která je posledním stupněm mechanického předčištění. Běžně se za usazovací nádrží nachází již filtrační pole, na které může být napojeno terciální dočištění ve formě stabilizační nádrže (Kadlec a Wallace, 2009).

Kořenová čistírna odpadních vod je složena ze tří základních částí a to z:

- Mechanické předčištění (česle, lapák písku, septik, šterbinová nádrž)
- Hlavní čistící stupeň (horizontální filtr, vertikální filtr)
- Terciální stupeň (stabilizační nádrž)

5.1 MECHANICKÉ PŘEDČIŠTĚNÍ

Úkolem mechanického předčištění je zbavit vodu hrubých nečistot např. dřeva, chlupů, písku, šterku a podobně. Nejhrubší nečistoty jsou zachyceny česlicovou mříží. Nejčastěji se jedná o zařízení typu síta nebo mříže, které jsou čištěny ručně nebo strojně, nečistoty padají do připravené nádoby. Na kořenových čistírnách, které se vyznačují malými průtoky, se nejčastěji setkáváme s ručně stíranými jemnými česlemi.

Další nezbytnou součástí mechanického stupně předčištění je usazovací nádrž. Pomocí tohoto zařízení fungujícího na principu usazování, se voda vyčistí od jemnějších, ale pro další zařízení z hlediska funkčnosti nebezpečných, nečistot jako je písek šterk a podobně (www.cisticka.info).

Na odtoku z mechanického stupně by se měla vyskytovat co možná nejnížší koncentrace nerozpuštěných látek proto, aby se udržel co možná nejdelší bezporuchový provoz filtračního pole (Křiška a Němcová, 2015).

5.1.1 ODLEHČOVACÍ KOMORA

Odlehčovací komory patří k nejdůležitějším a zároveň k nejsložitějším objektům stokových sítí z hlediska hydraulického, hygienického i konstrukčního, přičemž tato jednotlivá hlediska se vzájemně ovlivňují a úzce spolu souvisejí. Zdravotně inženýrská problematika odlehčovacích komor souvisí s celkovým koncepčním řešením stokových sítí, s následným návrhem technologie čištění odpadních vod i otázkami čistoty recipientů.

Konstrukčně musí být odlehčovací komora uspořádána tak, aby oddělovala z celkového průtoku nad ní množství vody, o které má být průběžná stoka odlehčena, a toto množství odváděla odlehčovací stokou do recipientu. Oddělení se děje nejčastěji přepadem přes přeliv, jehož koruna je umístěna nade dnem odlehčovacího koryta ve výši odpovídající průtoku, při němž má být odlehčovací komora uvedena v činnosti (Hlavínek, 2016).

Při návrhu je nejdůležitější zajistit, aby v usazovací prostoru neproudila voda tak, že by vyplavovala kal, proto je Q_{\max} (l/s) nejdůležitější ukazatel pro návrh odlehčovací komory (Křiška a Němcová, 2015).

Hlavní nevýhodou odlehčovacích komor z hlediska životního prostředí je zanášení čerstvého fekálního znečištění do recipientu, ke kterému dochází i přes velmi vysoké naředění splaškových vod vodami dešťovými. Fekální znečištění nepříznivě ovlivňuje samočistící procesy a kyslíkovou bilanci v recipientu. Vztlínavé a plovoucí látky ulpívají na břehové vegetaci a tím způsobují estetické závady. Je důležité správně stanovit stupeň zředění splašků, aby čistota vody v recipientu byla zachována ve stanovených mezích (Nypl, 1998).

Špatný návrh a provozování odlehčovacích komor může mít za následek přetížení kořenové čistírny a tím i dopad na celkovou čistící účinnost.

5.1.2 LAPÁK PÍSKU

Lapáky písku se nejčastěji navrhují na jednotné kanalizaci, kde se uvažuje přítok většího množství částic, v případě oddílné kanalizace je na zvážení osazení lapáku. Lapáky písku jsou zařízení, které slouží k zachytávání písku a minerálních částic s takovou účinností, aby byla zajištěna ochrana dalších objektů a zařízení ČOV. Lapák písku je navržen tak, aby byly zachyceny částice do velikosti zrn 0,2 až 0,25 mm (Hlavínek, 2016). Zrna o velikosti větší než 0,25 mm musí být zachyceny, a to v minimálně 95 %. Při návrhu lapáku písku musíme dbát na to, aby byla zajištěna minimální rychlost, a to v závislosti na typu lapáku písku. Akumulační prostor pro zachycený písek se navrhuje na produkci písku zachyceného za dobu 2 až 4 dnů (ČSN 75 6401).

Na KČOV jsou nejčastěji využívány šterbinové lapáky písku s horizontálním průtokem.

5.1.3 USAZOVACÍ NÁDRŽE

Usazovací nádrže slouží ke gravitační separaci suspendovaných látek obsažených v odpadní vodě. Rychlost separace je závislá na velikosti a tvaru částice a na hustotě kapaliny (Hlavínek, 2016). Doba zdržení by neměla klesnout pod 2 hodiny, jestliže uvažujeme usazovací nádrž před přírodními způsoby čištění. Při návrhu vycházíme z ČSN 75 6401 (Šálek, 2006).

V praxi je pak vždy důležité zvážit, na základě typů odpadní vody, velikosti čistírny, uspořádání filtračních polí a ekonomické kalkulaci, který z níže uvedených typů usazování nádrže použijeme.

SEPTIK

Je nejspolehlivějším zařízením na zajištění dostatečného mechanického předčištění, a proto jsou hojně využívány při přírodních způsobech čištění, jež vyžadují kvalitní předčištění (Šálek, 2006). V dnešní době využíváme nejčastěji tříkomorových septiků, které nám zajistí dostatečnou dobu zdržení, která je velmi důležitým návrhovým parametrem společně s objemem septiku. Nejčastěji se septiky navrhují na dobu zdržení 3-5 dnů, to zajistí, že se usadí

co největší počet usaditelných částic. V septiku se nachází anaerobní prostředí, ve kterém dochází hnilobným procesům, které snižují koncentraci znečištění. Minimální hodnota snížení znečištění se u septiku pohybuje kolem 30 % (Šálek, 2012).

V praxi při dlouhodobém provozování se jeví soustava vícekomorových septiků jako nejlepší řešení. Např. v Rakousku při využívání tříkomorových septiků nemají s ucpáváním filtračního materiálu problémy ani po 15 letech. Velká nevýhoda septiku je prvotní investice, pro obec cca 300 EO může být investice cca 1 000 000,-Kč. Tímto argumentují odpůrci kořenových čistíren, že z pohledu investice ve srovnání s klasickými čistírnami je nákladná, nicméně je potřeba si uvědomit, že provozně se septiky s vlastním kalovým hospodářstvím pohybují na minimálních hodnotách. Provozní náklady mohou vycházet obec s 300 EO na částku 6 000,-Kč/rok, tzn. vliv na stočné max. 1,00,-Kč/m³ (Křiška a Němcová, 2015).

Legislativní podklady v České republice (ČSN 75 6402) doporučují návrh septiků do 500 EO, větší septiky jsou investičně náročnější záležitostí (ČSN 75 6402).

ŠTĚRBINOVÁ NÁDRŽ

Štěrbínová nádrž je speciálním typem usazovací nádrže. Objekt je hluboko založený a výškově rozdělen dnem štěrbinou. V horní části, tedy v oblasti žlabu probíhá usazování. Kal dále propadá štěrbinou ve žlabu do usazovacího prostoru, v kterém probíhá vyhnívání a stabilizace kalu. Vyvážení kalu se provádí obvykle dvakrát do roka, za tuto dobu je vyvážený kal dostatečně anaerobně stabilizován. Nádrže jsou řešeny jako čtvercové, kruhové a obdélníkové (Hlavínek, 2006; Šálek, 2006).

Objem vyhnívacího prostoru se určuje v závislosti na počtu obyvatel připojených na čistírnu, specifický objem na jednoho obyvatele činí 0,135 m³. Návrhová doba zdržení ve štěrbinové nádrži se pohybuje v řádu hodin, oproti tomu septik v řádu dní, přesně se určuje na základě ČSN 75 6401 (Šálek, 2006; ČSN 75 6401).

Výsledky z výzkumů dokazují, že štěrbinová nádrž nefunguje tak spolehlivě jako septik, ovšem z investičního hlediska má menší náklady, díky úspoře prostoru (Křiška a Němcová, 2015).

5.2 BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ

Biologické čištění odpadní vody na kořenových čistírnách zabezpečují kořenová filtrační pole (Kadlec a Wallace, 2009). Filtrační pole můžeme dělit do různých kategorií, například v závislosti na směru převládajícího proudění nebo na základě úrovně hladiny odpadní vody vzhledem k filtračnímu materiálu. Rozdělení podle různých směrů proudění odpadní vody uvádí například Šálek (Šálek, 1999):

- Kořenové čistírny s horizontálním povrchovým prouděním.
- Kořenové čistírny s horizontálním podpovrchovým prouděním.
- Kořenové čistírny s vertikálním prouděním směrem dolů.
- Kořenové čistírny s vertikálním prouděním směrem vzhůru.
- Kořenové čistírny s radiálním prouděním.

Výše zmíněné možnosti, se řadí spíše do teoretické roviny a v praxi se s těmito možnostmi nesetkáváme, teda minimálně, ne na území České republiky. Horizontální filtrační pole s podpovrchovým prouděním je v našich podmínkách vůbec nejpoužívanější. Dále se do popředí dostávají vertikální filtry s prouděním směrem dolů na základě kvalitních výsledků z aplikovaného výzkumu (Křiška a Němcová, 2015).

Další jednoduché dělení může být podle úrovně hladiny ve filtračním prostředí, která má významný vliv na realizaci konkrétních čistících procesů. Dle úrovně čistící hladiny můžeme dělit na tyto:

- vodou zcela nasycené
- vodou nenasyčené

Přítomnost odpadní vody ve filtrační poli výrazně ovlivňuje redukčně-oxidační vlastnosti a tím i chemické a biochemické reakce, které se podílí na čistících procesech.

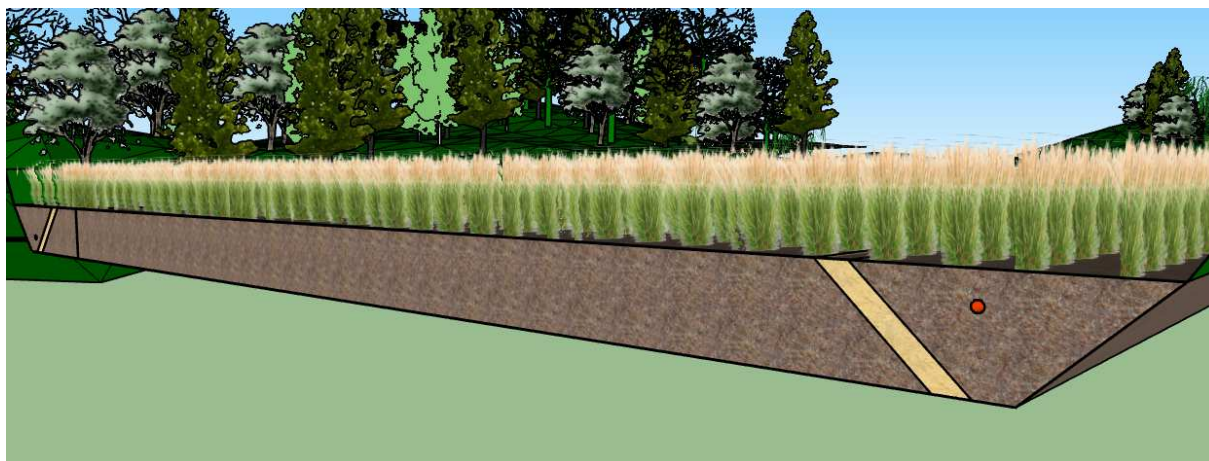
5.2.1 HORIZONTÁLNÍ FILTR

Horizontální filtry, někdy nazývané také jako horizontální kořenová nebo filtrační pole se řadí mezi nejpoužívanější technologie v oblasti KČOV především z důvodu jednoduchosti jejich návrhu i realizace a provozování. Na území České republiky je najdeme téměř ve všech případech provozovaných kořenových čistíren. Horizontální filtry jsou nejčastěji řešeny s kontinuálním průtokem. Filtrační vrstva je téměř celá zatopená odpadní vodou. Kontinuální průtok udržuje hladinu vody ve stálé výšce a vytváří tak ve filtru anaerobní prostředí (Křiška a Němcová, 2015).

Horizontální filtr je tvořen propustným substrátem, který je osázen mokřadními rostlinami. Základním principem je horizontální průtok. Při průtoku odpadní vodou filtračním materiálem dochází k odstraňování znečištění kombinací fyzikálních, chemických a biologických procesů (Kadlec a Wallace, 2009).

Materiál filtrační vrstvy je volen tak, aby byla zajištěna dostatečná propustnost a nedocházelo ke kolmataci filtru. Hloubka filtrační vrstvy není pevně daná, je to na zvážení projektanta, obvykle se volí 60 až 80 cm. U volby materiálu na filtr musíme být opatrní, jelikož u starších kořenových čistíren byly voleny těžké jílovité zeminy, které sice měli výborné filtrační a čistící účinky, ale zároveň docházelo k častější kolmataci a následně k povrchovému odtoku. Největší problémy nastávají s povrchovým odtokem v zimě, kdy by mohlo dojít k zamrznání, dále estetické závady (zápach). V současné době se nejvíce používá praný štěrk, drcené kamenivo nebo kačírek o zrnitosti 4/8 mm nebo 8/16 mm. Aby bylo zajištěno dokonalé promíslení, je dobré volit pouze jednu frakci kameniva, čímž je eliminován vznik tzv. zkratových proudů. Musíme si dát pozor, abychom vždy použili praný materiál proto, aby nedocházelo k ucpávání filtru. Pro zajištění dobrého rozvodu vody po celé šířce horizontálního filtru, je dobré vyplnit rozvodné a sběrné zóny hrubším kamenivem (50-200 mm). Podloží filtru musíme zajistit proti nekontrolovatelným průsakům do podloží, které by mohly kontaminovat zásoby podzemní vody. Nejčastěji se používá plastová fólie (PVC, PE). Aby se vyvarovalo poškození při výstavbě, tak se fólie ukládá z obou stran geotextilií (Vymazal, 2004).

Rozměry čistírny by měly být navrhovány v závislosti na kvalitě předčištěné OV a počtu EO (Šálek, 2006). Na přítoku je rozvodné potrubí osazeno mírně nad terénem v celé šířce pole, aby docházelo k rovnoměrnému zatížení pole. Sběrný drén je umístěn v nejnižším místě HF v odtokové zóně z hrubšího materiálu, aby došlo k poklesu hladiny a následnému odtoku dál do KČOV.

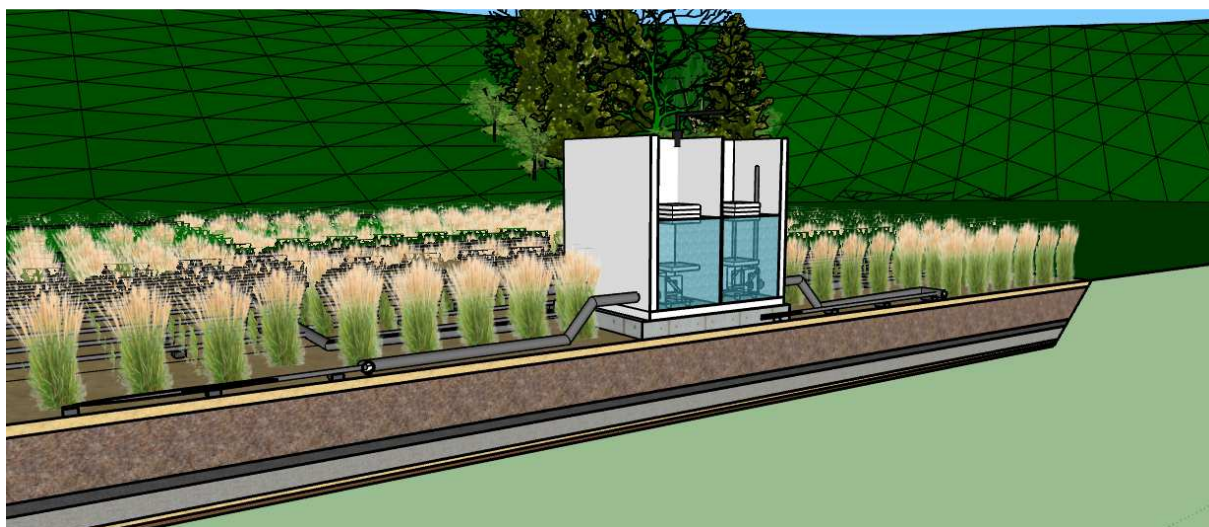


Obr. 5 Horizontální filtrační pole (HF)

5.2.2 VERTIKÁLNÍ FILTR

Dle literatury lze teoreticky dělit vertikálně protékané kořenové čistírny na dva druhy podle způsobu proudění, a to buď protékané směrem vzhůru anebo směrem dolů (Šálek, 1999).

Vertikální filtr se z hlediska technologie i probíhajících chemických procesů výrazně odlišuje od horizontálního filtru. Směr proudění odpadní vody probíhá ve vertikální rovině, a to shora dolů. Hloubkou se vertikální filtr velice podobá horizontálnímu filtru 0,8-1,1 m, ovšem výrazně se liší filtračním materiálem, protože je použita jemnější frakce 0/4 mm, zpravidla praný šterkopísek. Velké rozdíly jsou v řešení rozdělovacího potrubí, které je uloženo po celé ploše filtračního lože, což způsobuje celoplošný a rovnoměrný rozvod odpadní vody na povrch filtru. Na dně je uloženo drenážní potrubí, které odvádí vodu podobně jako u horizontálního filtru. Pulzní vypouštění má za následek zvýšení obsahu kyslíku v prostředí filtrační náplně a vytváří tak aerobní prostředí, které je schopno spolehlivě odstraňovat amoniakální dusík. Z důvodu použití jemného filtračního materiálu je vertikální filtr velice náchylný na kolmataci a tudíž je důležité zajistit kvalitní mechanické předčištění. Z tohoto důvodu se před VF často předsazují HF, aby odstranily zbytky neusazených nečistot a ochránili tak VF. Nejvhodnější materiál na rozvodné potrubí je polypropylen (PP-H), v dimenzích DN 110 pro přívodní potrubí a DN 40 pro rozdělovací potrubí. Rozvodné potrubí je lepší ukládat na zámkovou dlažbu (lze nahradit jakoukoli jinou dostupnou dlažbou), aby nedocházelo k zanášení a prorůstání potrubí v případě, kdyby bylo uloženo pouze na filtračním loži. Rozvodné potrubí by mělo být vzdálené od sebe 60–80 cm v maximální délce 8 m a na spodní části jsou otvory o průměru 5 mm (Křiška a Němcová, 2015).



Obr. 6 Vertikální pulzně zkrápěné filtrační pole (VF)

PULZNÍ VYPOUŠTĚNÍ

Důležitou podstatou pro správné fungování vertikálních filtrů je nepravidelný, pulzní, přísun odpadní vody na jeho povrch. Pulzní vypouštěč je jednouché zařízení, které dávkuje odpadní vodu na kořenový filtr v intervalech, které lze nastavit podle požadovaného objemu jedné dávky. Počet dávek by měl být 5-10 dávek za den, aby nedocházelo k nasycení filtračního pole a překročení doporučeného hydraulického zatížení 150 mm/den. Podle počtu dávek a požadovaného objemu se navrhne pulzní šachta, ve které se odpadní voda akumuluje a odkud je pomocí pulzního vypouštěče dávkována na vertikální filtr. Nejčastěji se využívá čtvercového půdorysu, který je posazen na betonové panely, které se osadí na filtrační lože pro lepší rozložení zatížení. Rozměry jsou odvozeny, podle již zmíněných požadavků, dále je nutné pulzní šachtu rozdělit na požadovaný počet sekcí, podle toho na kolik částí je vertikální filtr rozdělen. Každá část může mít maximálně 100 m². Do každé sekce je umístěn pulzní vypouštěč, kterému lze nastavit spínání na požadovaný objem v daném intervalu. Pro zajištění provozu pulzního vypouštění je potřeba zajistit dostatečné převýšení, aby se voda mohla gravitačně dostat do pulzní šachty. Z těchto důvodů dochází k zapouštění šachet do terénu. Pouze v ojedinělých případech je nezbytné zajistit přípojku elektrické energie pro čerpání odpadní vody do pulzní šachty.

Pulzní šachta je nejčastěji vyrobena ze svařovaných PVC desek. Obvodové stěny se zateplují polystyrénem tl. 100 mm, pro zajištění dokonalejší ochrany proti mrazu. Zároveň je také nutné zajistit zastřešení šachty z důvodu ochrany proti mrazu a srážkám (sněh, déšť).

5.2.3 STABILIZAČNÍ NÁDRŽ

Využíváme v případech vlastního čištění vod i k dočištění odpadní vody, a to především u menších vesnic do 500 EO. K velmi výrazným kladům patří schopnost poradit si a dlouhodobě snášet výrazně naředěné anebo naopak velice koncentrované odpadní vody.

Naopak nevýhodou je velký zábor půdy a také velké výkyvy v účinnosti čištění závislé na klimatických podmínkách.

Před stabilizační nádrž lze zařadit mechanické předčištění, z toho důvodu, aby se zmenšil přísun částic, které sedimentují a tím ochránily nádrž před zmenšováním objemu a prodloužily tak její životnost. Tvar nádrže volíme podle místních možností, nepravidelné nádrže nejsou výjimkou. Dno nádrže musíme zajistit proti průsakům, tak aby nedocházelo ke kontaminaci podzemní vody. K tomu používáme buď jílové těsnění, těsnící fólii z plastů nebo umělou kolmataci dna. Je nezbytné zajistit opevnění návodního líce, buď pomocí mokřadních rostlin anebo využití umělého opevnění (dlaždice, beton).

Čištěním odpadních vod v biologických nádržích včetně navrhování se zabývá ČSN EN 12255-5. Při návrhu biologických nádrží musí být vzata v úvahu kritéria, jako jsou klimatické podmínky, minimální hloubka vody. Čistící účinnost má vedle hlavních návrhových parametrů i další např. počet, tvar a velikost nádrží, provzdušňování, doba zdržení, látkové zatížení. V nádrži je nutné zajistit dostatečné množství kyslíku, aby mohli probíhat samočistící procesy. Vodní rostliny významně ovlivňují fyzikální, chemické a biologické vlastnosti v nádrži. Ovlivňují průnik světla do vody, teplotu, pH, dodávají kyslík do nádrže, obsah oxidu uhličitého a jsou důležitým zdrojem potravy. Právě přenos kyslíku do vody patří k nejdůležitějším funkcím v ekosystému nádrže (www.asio.cz, 2015; Šálek, 1996; Šálek, 1997).

Sezonní dynamika je obvykle zaznamenávána také v účinnosti odstraňování dusíku. Mikrobiální procesy, které ovlivňují eliminaci dusíku (amonifikace, nitrifikace a denitrifikace), jsou všechny známy svou citlivostí k teplotě, proto se snižuje účinnost odstraňování amoniakálního dusíku v zimních měsících (Šálek, 1997).

V případě potřeby je možné nahradit denitrifikační funkci horizontálního filtru za stabilizační nádrž s plovoucími čistícími ostrovy, které zajistí obdobnou funkci jako horizontální pole (Křiška a Němcová, 2015).



Obr. 7 Stabilizační nádrž (zdroj old.braunstein.cz)

5.2.4 VEGETACE NA KČOV

Mokřadní rostliny jsou nedílnou součástí kořenových čistíren a zastávají velké množství funkcí. Je ovšem důležité si uvědomit, že tyto funkce sice zlepšují čistící účinnost, ale při návrhu neuvažujeme jejich vliv na čistící účinnost jako zásadní. Podle polohy, kde se KČOV nachází, se jako hlavní funkce jeví zateplování povrchu filtračních polí v průběhu zimního období, a proto se vegetace sklízí na přelomu zimy a jara, kdy se již nepředpokládají velké mrazy. Kořenový systém vegetace slouží jako podklad mikroorganismům, které na kořínkách vytváří tenkou vrstvu biofilmu. Prostřednictvím kořenů ve filtrační vrstvě předávají kyslík do kořenové zóny, která je anoxická. Mokřadní rostliny jsou fyziologicky a morfologicky uzpůsobeny k transportu kyslíku z atmosféry do podzemních částí, aby tyto části rostlin mohly respirovat (dýchat). Přebytkový kyslík, který nebyl respiračními rostlinami spotřebován, difunduje do blízkého okolí kořenového systému a vytváří kolem malé aerobní zóny. Výsadbu rostlin je ideální provádět zcela bez použití hlíny, rostliny sázíme přímo do povrchu filtračního lože, po zapravení rostliny uměle zvýšíme hladinu vody nad povrch, dokud se rostlina nezamokří (Vymazal, 2004; Kadlec a Wallace, 2009; Zhao, 2012).

Při volbě druhů rostlin je potřeba brát v potaz vliv na systém kořenové čistírny. Užitím rostlin se snažíme dosáhnout stabilizace povrchu filtračního lože, zvýšené poréznosti v tělese čistírny, co nejvyšší absorpce živin rostlinami ze zpracovávané vody, zabránění vzniku zkratových proudů, zvýšení evapotranspirace a příjemného estetického vzhledu (Abou-Elala, 2012).

RÁKOS OBECNÝ (Phragmites Australis)

Pravděpodobně nejrozšířenější rostlina na kořenové čistírně, a to především kvůli jejímu rychlému růstu. Spadá do čeledi travin a dorůstá do výšky až 4 m v jižních oblastech až do výšky 6 m. Vytváří hustý kořenový systém oddenků sahající až do hloubky 0,6-0,7 m. Ze stébla vyrůstají široce čárkovité listy dlouhé až 0,5 m. Kvete od srpna do září. Rákos je hodně tolerantní vůči výkyvům pH a velmi dobře snáší i vyšší hodnoty znečištění (www.cisticka.info). Rozmnožování se provádí hlavně pomocí oddenků, ale lze i pomocí semen (Šálek, 2008).



Obr. 8 Rákos Obecný (*Phragmites Australis*) (zdroj botanika.wendys.cz)

CHRASTICE RÁKOSOVITÁ (Phalaris Arundinacea)

Vyskytuje se v oblastech blízko vodních toků a zamokřených luk, kde je větší množství vody. Chrastice je velice náročná na vodu a živiny. Dorůstá maximální výšky 2,5-3 m. Především v severských státech jako Švédsko a Finsko je chrastice šlechtěná, aby se ještě zvýšila její produkční schopnost a mohla být dále využívána jako biopalivo. Na KČOV je chrastice využívána, protože má ráda fosfor v půdě. Hůř snáší výkyvy pH, ideální je v rozmezí 6,1-7,5 (www.korenova-cisticka.cz, 2017). Má velmi hustý kořenový systém 0,2-0,3m (Šálek, 2008).



Obr. 9 Chrastice Rákosovitá (*Phalaris Arundinacea*) (zdroj luzs.cz)

OROBINEC ŠIROKOLISTÝ (Typha latifolia)

V našich podmínkách se vyskytuje cca 10 druhů orobince na kořenových čistírnách a všeobecně u nás je nejrozšířenější Orobinec Širokolistý. Vyrvalá bylina s houževnatou lodyhou, dorůstající výšky až 4 m a listy širokými 2 cm (www.korenova-cisticka.cz, 2017). V ideálních podmínkách (prostředí s velký obsahem živin) roste velmi rychle a vytlačuje ostatní rostliny a vytváří tak monokulturní prostředí. Je ideální pro čištění velmi kyselé vody s pH i kolem 2, ale snáší i pH 10. Jedná se o rostlinu tolerantní nejen k vysokým a nízkým hodnotám pH ale i k vysoké koncentraci znečištění (www.cisticka.info).



Obr. 10 Orobinec Širokolistý (*Typha latifolia*) (zdroj zahrada-cs.com)

KOSATEC ŽLUTÝ (Iris Pseudacorus)

Dorůstá výšky 0,5-1,5 m. Kosatec má rád bahnitě a spíše kyselejší půdy bohaté na živiny, zejména s vyšším obsahem dusíku a fosforu. Kosatec je mírně jedovatá rostlina, jelikož v jeho oddenku je obsaženo malé množství třísloviny, glykosidy a silice. Kvůli obsahu těchto látek se dříve využíval na činění kůží a zastavování krvácení. Kvete velkými žlutými květy od května do června. A proto se na KČOV využívá jeho dekorativních vlastností. Pro zajištění správného růstu je důležité občasné zaplavení substrátu vodou (www.korenova-cisticka.cz, 2017; www.cisticka.info; Šálek, 2008).



Obr. 11 Kosatec Žlutý (*Iris Pseudacorus*) (zdroj jezirkanaklic.cz)

5.3 SLEDOVANÉ UKAZATELE KVALITY VODY NA KČOV

Na KČOV lze dosáhnout dobrých účinností ve všech měřených parametrech. Aby bylo dosaženo požadovaných účinností je zapotřebí provést správný návrh a realizaci. Dále během provozu zajišťovat pravidelnou kontrolu a údržbu celé čistírny.

Tab. 1 Předpokládané čistící účinnosti (Vymazal, 1995)

Parametr	Horizontální filtr	Vertikální filtr
	Účinnost [%]	Účinnost [%]
BSK ₅	79,1	96,1
CHSK _{Cr}	69,5	87,4
NL	39,6	38,0
N-NH ₄ ⁺	30,0	65,5
P _{celk}	47,1	58,5

5.3.1 LEGISLATIVA

V případě vypouštění odpadní vody do recipientu, je nutné dodržovat emisní standardy podle sbírky zákonů č. 401/2015 Sb. O ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod. V naší podmínkách se KČOV navrhuje skoro výhradně do 500 EO, pouze výjimečně do 500-2000 EO. Podle příslušné legislativy musí KČOV splňovat limity pro vypouštění CHSK_{Cr}, BSK₅, NL a N-NH₄⁺ pouze pro KČOV 500-2000 EO. Zbylé dva parametry se na KČOV dle platné legislativy sledovat nemusí. Pouze v případě, že by to bylo nařízeno vodohospodářským úřadem s odůvodněním proč by se měly tyto ukazatele sledovat (ochranná pásma, přírodní rezervace).

Tab. 2 Emisní standardy: přípustné hodnoty (p), maximální hodnoty (m) a hodnoty průměru koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l dle NV č. 401/2015 Sb.

Kapacita ČOV (EO)	CHSK _{Cr}		BSK ₅		NL		N-NH ₄ ⁺		N _{celk}		P _{celk}	
	p	m	p	m	p	m	p	m	průměr	m	průměr	m
< 500	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-	-	-
500 - 2 000	125	180	30	60	35	70	20	40	-	-	-	-
2 001 - 10 000	120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	10	10
10 001 - 100 000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	20	2	6
> 100 000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

Podle sbírky zákonů č. 57/2016 O ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod pozemních, lze taktéž vodu z odtoku zasakovat do podloží, ovšem je nutné dodržet nařízené limity (ČSN 75 6402, ČSN EN 12566-5).

Tab. 3 Ukazatele a emisní standardy pro odpadní vody vypouštěné z jednotlivých staveb pro bydlení a rodinnou rekreaci dle NV č. 57/2016 Sb.

Kategorie ČOV (EO)	"m" *					"m" **	
	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺	NL	P _{celk}	Escherichia	Enterokoky
<10	150	40	20	30	10	-	-
10 - 50	150	40	20	30	10	150	100
>50	130	30	20	30	8	150	100

"m" * je nepřekonatelná hodnota ukazatele znečištění odpadních vod vypouštěných do vod podzemních vyjádřená v koncentraci v mg/l

"m" ** je nepřekonatelná hodnota ukazatele znečištění odpadních vod vypouštěných do vod podzemních vyjádřená v koncentraci v KTJ (kolonie tvořících jednotek) /100 ml

Pro návrh kořenové čistírny lze využít technickou normu ČSN 75 6402 Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel, dále se dá využít norma ČSN EN 12566-5: Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel. V normě ČSN 75 6402 se naší problematiky přímo dotýká kapitola 12. Další stupně čištění odpadních vod a její podkapitoly:

- 12.2 Zemní filtr
- 12.3 Vegetační čistírny odpadních vod

Tyto kapitoly obsahují doporučení pro návrh kořenových čistíren odpadních vod (ČSN 75 6402, ČSN EN 12566-5).

5.3.2 BSK₅

Stanovování hodnoty BSK je staré již více než 100 let, a i přes svoje nedostatky se stále používá. Je definována jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku spotřebovaného za stanovených podmínek v oxickém prostředí biochemickou oxidací organických látek ve vodě. Vyjadřuje se v mg/l. Hodnota BSK závisí na době inkubace. BSK za n-dní se označuje jako BSK_n. BSK se používá jako míra koncentrace biologicky rozložitelných látek. Stanovování BSK je běžnou součástí chemického rozboru povrchových a odpadních vod a jedním ze základních parametrů při posuzování účinnosti biologického čištění odpadních vod a při hodnocení biologické rozložitelnosti organických látek.

Pro určení hodnoty BSK se využívá standartní zředovací metody, ta měří úbytek rozpuštěného kyslíku ve vzorku vody v lahvičce na začátku a na konci. Celosvětově bylo dohodnuto, že inkubace bude probíhat při 20 °C. Aby nedošlo k úplnému vyčerpání rozpuštěného kyslíku (koncentrace kyslíku by neměla po inkubaci padnout pod 3 mg/l) je nutné vzorky dostatečně zředit, takto činíme pouze v případě velkého znečištění. Inkubace musí probíhat ve tmě, aby nedocházelo k fotosyntetické asimilaci řas obsažených ve vodě, při níž dochází k produkci kyslíku a ten by snižoval hodnotu BSK. Návrhová doba inkubace je 5-7 dní. Sedmi denní doba zkoušky se využívá především ve skandinávských zemích a je to z důvodu ryze praktického, jelikož při sedmidenním cyklu lze tyto testy zahojovat jakýkoli den v týdnu kromě víkendu. Mezi rozdílnými výsledky se stanovil poměr pro přepočítání mezi těmito hodnotami, je v rozmezí 1,05-1,3. Nejčastěji je využívána hodnota 1,15. Podmínky při této metodě nejsou totožné s podmínkami v přírodě, a proto laboratorní výsledky přesně neodpovídají skutečným poměrům (Pitter, 2009).

5.3.3 CHSK_{Cr}

CHSK neboli chemická spotřeba kyslíku, se využívá jako jeden ze základních kvalitativních parametrů určování jakosti vody, který dokáže určit koncentraci organických sloučenin. Je definován jako množství kyslíku, které je za přesně daných podmínek potřeba na oxidaci organických látek ve vodě se silným oxidačním činidlem (Malý a Malá, 2006; Pitter, 2009).

V dnešní době se pro odpadní vody využívá především dichroman draselný a pouze v ojedinělých případech manganistan draselný (Pitter, 2009).

Hodnoty CHSK_{Cr} pro odpadní vodu ve pohybuji ve velikém rozmezí, to je zapříčiněno rozkolísaností množství přitékající vody a znečištění, které je velice proměnlivé, avšak dá se říci, že se pohybují ve stovkách mg/l. V případě povrchových vod se pohybujeme jen v desítkách mg/l (Pitter, 2009).

CHSK_{Cr} dokáže pracovat s biologicky rozložitelnými i nerozložitelnými látkami, zatím co BSK₅ udává informace pouze o biologicky rozložitelných látkách. Velmi důležitý je poměr mezi BSK₅ a CHSK_{Cr}, který nám umožňuje zjistit orientační hodnotu látek podléhajících biologickému rozkladu. Tento poměr je pro splaškové vody, u kterých předpokládáme snadno biologicky rozložitelné látky v rozmezí 0,5-0,75. V praxi se ovšem využívá hodnoty 1:2 (Malý a Malá, 2006; Pitter, 2009).

5.3.4 NL

Nerozpustné látky (NL) jsou látky organického či anorganického původu, které lze z vody odstranit pomocí fyzikálních jevů jako sedimentace a filtrace (Horáková, 2003). Na kořenových čistírnách jsou NL odstraňovány v části mechanického předčištění a dále na horizontálním filtru.

Pro určení množství se používá metoda ztráty žíháním při teplotě 550 °C, výsledky jsou uváděny v mg/l (Pitter, 2009).

5.3.5 N_{CELK}

Patří do skupiny nutrientů. Dusík patří mezi nejvýznamnější prvky, je zapotřebí prakticky při všech biologických procesech v povrchových, podzemních a odpadních vodách a dále při procesu úpravy vody. Formy dusíku mohou být jak organické, tak anorganické. Vznik dusíku je podmíněn rozkladem organických látek rostlinného a živočišného původu.

Velmi významným zdrojem sloučenin dusíku jsou splaškové vody, dále splachy ze zemědělské půdy a odpady z živočišné výroby (především amoniakální dusík) a zemědělství. Specifická produkce dusíku je závislá na mnoha faktorech (nejvíce se rozlišuje vybavenost bytu), nejvíce se používá hodnota 12 g celkového dusíku na 1 obyvatele za 1 den.

Sumární metoda jednotlivých forem nebo přímé instrumentální stanovení to jsou dvě metody, kterými lze stanovit hodnoty koncentrace celkového vázaného dusíku (TN_b). Celkový dusík se dělí na organický a anorganický. Organický vázaný dusík zahrnuje bílkoviny a jejich rozkladné

produkty (aminokyseliny, peptidy), močovinu. Anorganický vázaný dusík zahrnuje dusičnany, dusitany a amoniakální dusík. Dusíkaté sloučeniny jsou ve vodách málo stabilní a podléhají v závislosti na oxidačně redukčním potenciálu a hodnotě pH zejména biochemickým přeměnám (Pitter, 2009).

5.3.6 P_{CELK}

Zdroje fosforu můžeme rozdělit na 2 základní:

- přírodní – louhování půd, minerálů a zvětralých hornin
- antropogenní – prací, čistících, odmašťovacích a mycích prostředky, hnojiva

Dále je fosfor obsažen v živočišných odpadech, produkovaný jak od člověka, tak od zvířat. Denní produkce člověka odpovídá zhruba 1,5 g fosforu, dále ale musím připočítat fosfor z prostředků v domácnosti, čímž se specifická produkce fosforu zvyšuje až na 2-3 mg P na 1 obyvatele za den. Fosfor se vyskytuje ve vodě v mnoha formách, lze ho vyjádřit pomocí koncentrace celkového fosforu, ten se dále dělí na rozpuštěný (P_{rozp}) a nerozpuštěný (P_{nerozp.}). Údaje o koncentraci sloučenin fosforu se často vyjadřují ve formě prvku (P), nikoli v iontové formě.

Sloučeniny fosforu jsou nezbytné pro mnoho druhů organismů, které je dále přeměňují na organický fosfor. Po odumření a rozkladu organismů se fosforečnany opět uvolňují a zakončují tak přírodní koloběh fosforu. Fosforečnany jsou nejvíce spojeny s eutrofizací, jelikož podporují růst zelených organismů ve vodě (řas a sinic). Při zvýšené koncentraci fosforečnanů dochází k přemnožení právě řas a sinic, a to má za následek zhoršení kvality vody. Celkový fosfor je vzhledem k problémům s eutrofizací uveden jako ukazatel přípustného znečištění, imisní hodnota pro povrchové vody je 0,2 mg/l a pro vodárenské účely je 0,1 mg/l.

Hygienické limity fosforečnanů nejsou ve vodě sledovány, a to ani u balené, jelikož jsou pro člověka zdravotně nezávadné (Malý a Malá, 2006; Pitter, 2009).

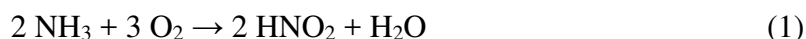
5.4 ČISTÍCÍ PROCESY NA KČOV

Organické látky jsou odstraňovány převážně mikrobiální aerobní i anaerobní cestou tedy biologické procesy. Využívá fyzikální procesy jako sedimentaci a filtraci k zachycení nerozpuštěných látek. K odstranění dusíku využívá KČOV denitrifikaci a nitrifikaci. Odstraňování fosforu probíhá zachytáváním na filtračním materiálu a adsorbcí mokřadní vegetace (www.voda.tzb-info.cz, 2013).

Výzkum dokázal, že nejvíce železa a těžkých kovů je obsaženo v kořenech rostlin a sedimentech v nádrži až 90 % a jen asi 10 % se nachází v biomase nad dnem. Železo a těžké kovy jsou z vody odstraňovány při navození anaerobního prostředí, poté mezi nimi dochází k reakcím a následnému ukládání látek do substrátu (www.korenova-cisticka.cz, 2017).

5.4.1 NITRIFIKACE

Nitrifikací se nejčastěji rozumí biologická oxidace amoniaku na nitrit a nitrát. Obecnější definice popisuje nitrifikaci jako biologickou přeměnu amoniaku a organických sloučenin dusíku z redukovaných forem na oxidovanější. Nitrifikace probíhá ve dvou stupních činností chemolitotrofních bakterií. V prvním stupni je amoniak oxidován na dusitany bakteriemi rodu *Nitrosomonas* a *Nitrosooccus* a ve druhém stupni jsou dusitany oxidovány dále bakteriemi rodu *Nitrobacter* a *Nitrocystis* na dusičnany (Malý a Malá, 2006).



Jak je patrné z uvedených rovnic, je na oxidaci spotřebováno velké množství kyslíku. Na 1 mol amoniakálního dusíku při oxidaci $\text{N} \rightarrow \text{NO}_3^-$ 4 moly kyslíku. Skutečná spotřeba je menší, protože část dusíku přechází do biomasy nitrifikačních bakterií. Dalším důsledkem nitrifikace je tvorba silné kyseliny HNO_3 a z toho vyplývající pokles pH, zvláště u vod s malou tlumivou kapacitou.

Nitrifikační bakterie patří mezi pomalu rostoucí organismy. Jejich růstová rychlost je o řád nižší než růstová rychlost běžných organotrofních mikroorganismů. Nitrifikace je ovlivněna řadou faktorů. Jedním z nich je koncentrace rozpuštěného kyslíku, kdy kritická koncentrace při níž se nitrifikační procesy zastavují, je cca 1 mg/l. Vliv má i hodnota pH, která se pro organismy *Nitrosomonas* pohybuje mezi 7,9 až 8,2 a pro rod *Nitrobacter* 7,2 až 7,6. Teplota má výrazný vliv na rychlost nitrifikace, kdy ideální je teplota kolem 30 °C, i když nitrifikace probíhá i při 5 °C, avšak s poklesem teploty o 10 °C se její rychlost zmenší na polovinu (Malý a Malá, 2006; Pitter, 2009).

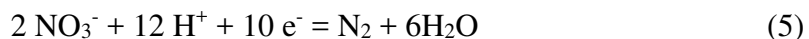
5.4.2 DENITRIFIKACE

Denitrifikace je biochemické redukci dusičnanů a dusitanů (N_2) nebo na oxid dusný (N_2O), ke které dochází za anoxických podmínek, tedy v prostředí bez molekulárního kyslíku. Tento mikrobiální proces je výsledkem metabolické činnosti chemoorganotrofních fakultativním anaerobních bakterií, které při rozkladu organických látek využívají jako akceptor elektronů molekulární kyslík, ale v jeho nepřítomnosti jsou schopny využít náhradní akceptory elektronů, a to dusitany a dusičnany, které redukují na N_2 a N_2O . V prvním stupni jsou redukovány na dusičnany na dusitany a ve druhém jsou tyto dále redukovány na dusík, resp. oxid dusný.

Redukci NO_2^- a NO_3^- lze vyjádřit rovnicemi:



A výsledná redukce:



Rychlost denitrifikace se řídí rychlostí rozkladu organické hmoty a je závislá na jejím složení, na koncentraci denitrifikačních bakterií, na jejich aktivitě a na podmínkách za nichž denitrifikační proces probíhá (teplota, pH aj.) (Malý a Malá, 2006).

5.4.3 MINERALIZACE

Je to biologicko-chemický děj, který se vyznačuje rychlým nárůstem teploty (v jádru kompostované hmoty dosáhne hodnot až přes 70 °C), následované jejím relativně rychlým poklesem. Mikroorganismy rozkládají složité organické sloučeniny na jednodušší, anorganického charakteru. Probíhají rovněž chemické degradační reakce. Konečným produktem těchto rozkladů jsou voda, CO₂ a další látky. Při přebytku dusíku ve směsi může vznikat amoniak. Mikroorganismy nejsou schopné odbourávat organické kyseliny, proto rychle roste relativní zastoupení těchto kyselin a dochází k okyselení skládky. Vzhled se zatím příliš nemění, pach zůstává stejný jako na počátku. Kompost zatím nemá vlastnosti humusu a není schopný aplikace do půdy (Votoupal, 2009).

5.5 KOLMATACE

Kolmatace, nebo také zanášení, je jev vznikající v důsledku nadměrného zatížení filtrační vrstvy usaditelným materiálem. Zamíšení pak vede k výraznému snížení propustnosti materiálu. U vertikálních filtrů se s kolmatací setkáváme daleko častěji než u filtrů horizontálních (Křiška, 2014). Odlehčovací komora musí zajistit nepřetěžování, zejména usazovací nádrže nebo septiku. Zvýšené průtoky jsou důvodem k současným problémům s ucpanými kořenovými filtry na nejstarších čistírnách, nicméně i v současné době se realizují špatné projekty, u nichž se kolmatace filtračního prostředí objevuje již po několika letech provozu. Důvodem takového stavu je kombinace odlehčovací komora + usazovací prostor v septiku nebo šterbinové usazovací nádrži (Křiška a Němcová, 2015). U kontinuálně protékajících filtrů je nutno navrhnout takovou plochu, náplň a rostliny, aby byl zajištěn trvalý průtok. I tak je vhodné navrhovat více paralelních jednotek. Kolmatace je problém zejména kontinuálně provozovaných systémů (Šálek, 2008).

Na každé kořenové čistírně probíhá kolmatace, proto si při návrhu čistírny musíme být obezřetní, abychom nelimitovali její životnost. Studie prokázaly, že jedním z nejdůležitějších provozních problémů umělých mokřadů je zanášení šterkového lože, což se může projevit po několika letech, v důsledku špatného mechanického předčištění odpadních vod (Guipingfu, 2013).

6 KČOV BISKOUPKY – PŮVODNÍ NÁVRH

Kořenová čistírna odpadních vod (KČOV) Biskoupky byla postavena v první polovině devadesátých let na základě tehdejšího projektu Aquatis Brno. Informace uvedené v původní projekční dokumentaci, které jsou shrnuté v této kapitole, sloužily jako podklad k vypracování níže navržených variant možné intenzifikace. Nejedná se o aktuální informace, ale o návrhové parametry a doplňující informace pro tehdejší projektovou dokumentaci.

6.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Vlastník:	Obecní úřad Biskoupky
Provozovatel:	Obecní úřad Biskoupky (nyní převedeno do správy VAK Ivančice)
Projektoval:	Aquatis Brno

6.2 NÁVRHOVÉ PARAMETRY

Počet obyvatel v obci (výhled)	240
Specifická potřeba vody	150 l/obyv./den
Balastní vody	29 m ³ /den
Množství odpadní vody od obyvatelstva	36 m ³ /den
Kanalizační systém	jednotná stoková síť

6.3 CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ

Obcí protéká občasný potok Doubravka, pramenící nad obcí. V obci je potok zatrubněn a do takto zatrubněného potoka jsou zaústěny stoky z obce. Stoka je provedena jako jednotná kanalizace, jsou do ní svedeny jak vody dešťové, tak i vody splaškové od obyvatel. Obyvatelé jsou do stoky napojeni přímo nebo přes septik.

V obci se nenachází žádný průmysl s výjimkou místního ZD, které však zachytává odpadní vody do jímek a následně samostatně likviduje.

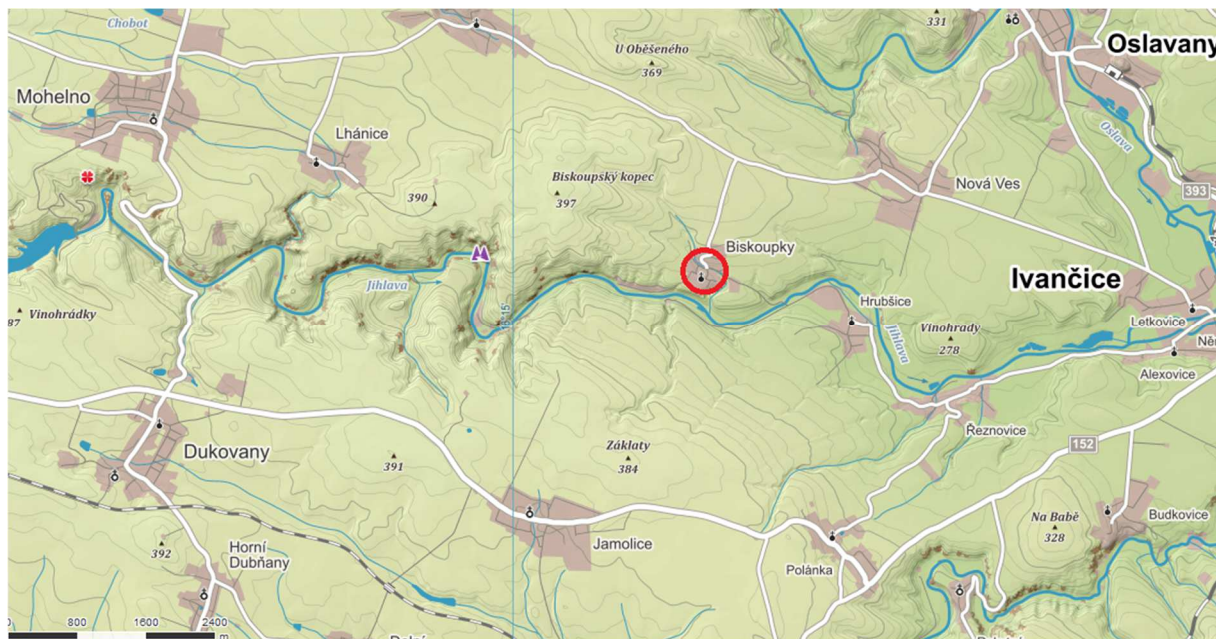
Zatrubněný potok je pod obcí vyústěn do stávajícího koryta, vyčištěné odpadní vody jím pak odtékají do řeky Jihlavy. Potok Doubravka patří do povodí řeky Jihlavy.

Počet obyvatel v obci Biskoupky byl 190 k roku 1993, výhledově se předpokládal nárůst obyvatel na 240 k roku 2030.

Obec se nachází v chráněném území 2. vnější pásmo hygienické ochrany vodního zdroje. To pro obec znamená zpřísnění limitů vypouštění znečištění do vodního toku.

6.3.1 POLOHA OBCE

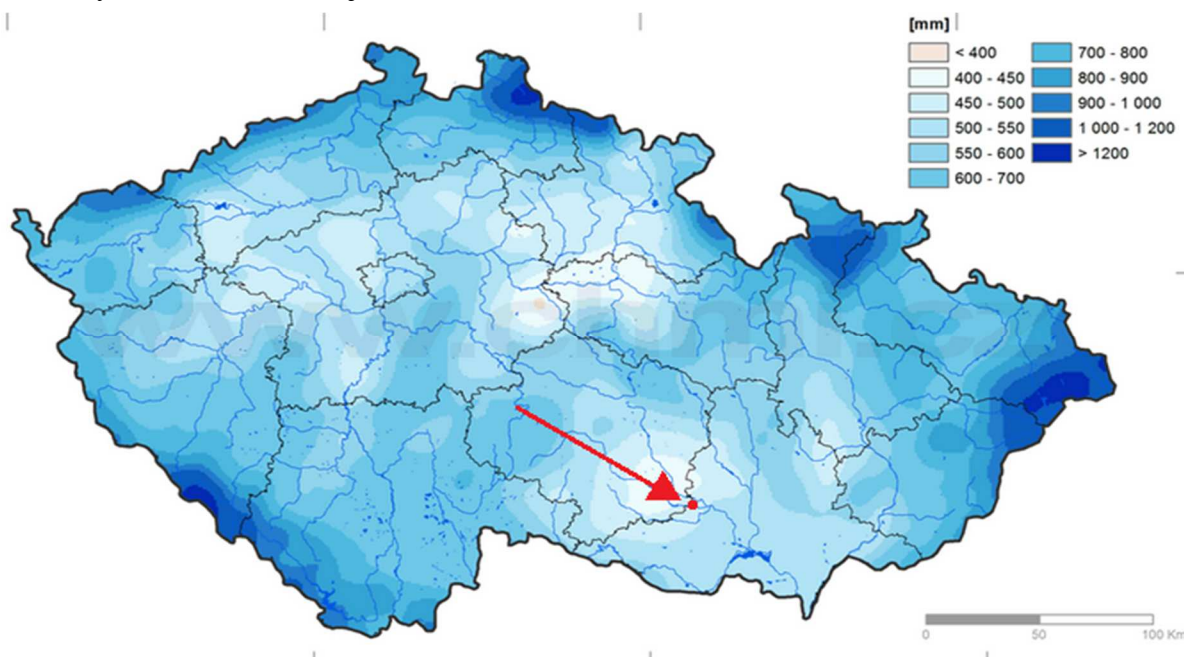
Obec Biskoupky leží v Jihomoravském kraji, cca 30 km jihozápadně od Brna a cca 7 km jihozápadně od Ivančic. Obec leží v blízkosti řeky Jihlava.



Obr. 12 Mapa obce Biskoupky (zdroj mapy.cz)

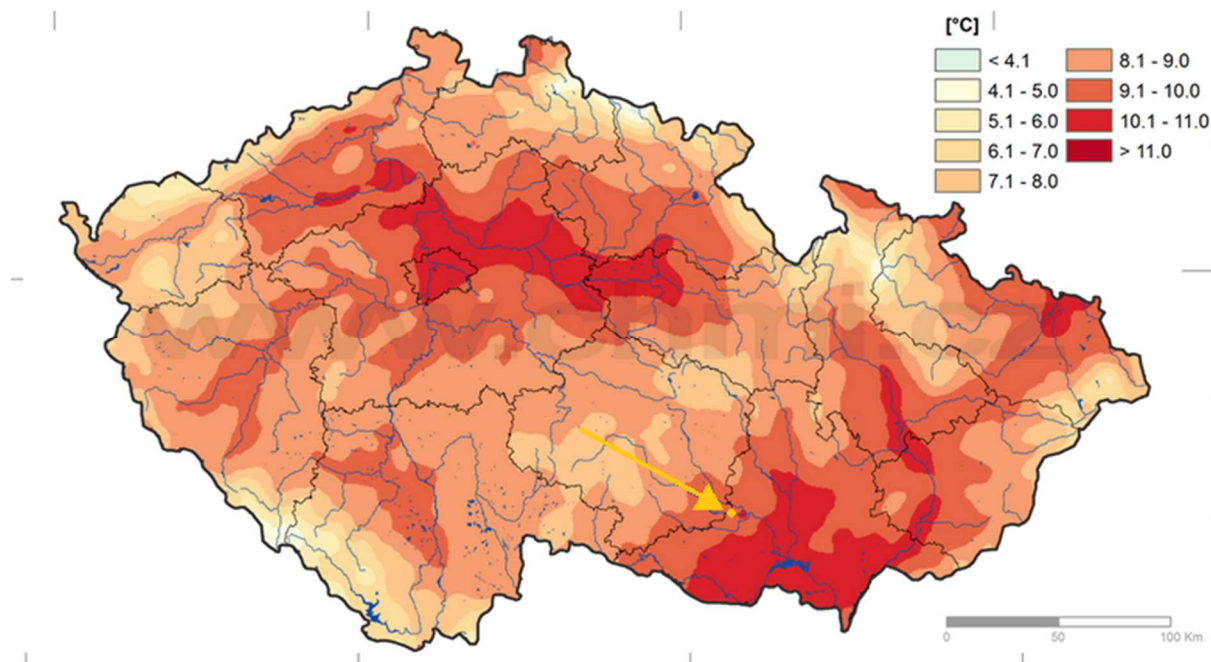
6.3.2 KLIMATICKÉ ÚDAJE

Průměrný roční úhrn srážek je 450–500 mm (ČHMÚ).



Obr. 13 Mapa průměrného ročního úhrnu v ČR (zdroj ČHMÚ)

Průměrná roční teplota je 9,1 – 10°C (ČHMÚ).



Obr. 14 Mapa průměrných ročních teplot v ČR (zdroj ČHMÚ)

6.3.3 GEOLOGICKÉ POMĚRY

Geologicky spadá oblast do Českého masivu.



Obr. 15 Geologická mapa (zdroj mapy.geology.cz)

LEGENDA:

- 1154 - serpentinit, peridotit
- 6 - hlína, písek, štěrk
- 7 - smíšený sediment
- 13 - kamenitý až hlinito-kamenitý sediment
- 16 - smíšený sediment

6.4 POPIS DÍLA

Kořenová čistírna se skládá z části mechanické a kořenové. Mechanická část má následující technologické uspořádání: spojovací potrubí, odlehčovací potrubí a akumulční nádrž. Vyčištěná voda je zaústěna do recipientu Doubravka, který dál ústí do řeky Jihlava.

6.4.1 VSTUPNÍ PARAMETRY

Počet obyvatel v obci (výhled)	240
Specifická potřeba vody	150 l/obyv./den
Balastní vody	29 m ³ /den
Množství odpadní vody od obyvatelstva	36 m ³ /den
Q_{celk}	65 m ³ /den
Q_{24}	0,75 l/s
Q_{min}	0,33 l/s
Q_{vyp}	0,95 l/s
Q_{max}	3 l/s
$Q_{\text{dešť}}$	23 l/s
Mezní dešť	10 l/s
Celkové znečištění BSK ₅	8,6 kg/den
Průměrné znečištění	132 mg BSK ₅ /l
Recipient Q_{355}	0,83 l/s
BSK ₅	1,5 mg/l

Z obce odtékají při návrhovém dešti odpadní vody v množství 312 l/s. Pod obcí jsou dešťové vody odděleny v odlehčovací komoře do vodoteče a na mechanickou část ČOV – v množství 23 l/s. Odlehčené vody jsou dále mechanicky předčištěny na česlích a v akumulční nádrži, která slouží jako dešťová zdrž, navržená na zdržení 20 minut, a k vyrovnaní odtoku na biologickou (kořenovou) část ČOV.

Příjezd je umožněn ze zpevněné komunikace, vybudované při výstavbě. Tato komunikace byla napojena na již existující místní komunikaci.

V dolní části vegetační čistírny byly vytvořeny hrázky z materiálu, který byl vytěžen z výkopů od předešlých objektů a potom uložen na mezideponii. Tento vytěžený materiál byl podle provedeného inženýrsko-geologického průzkumu nevhodný pro použití na násyp zemního lože. Hrázky překrývají sběrný filtr do výšky 50 cm.

6.5 POVOLENÉ LIMITY VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Dle rozhodnutí tehdejšího OkÚ RŽP Brno-venkov jsou pro ČOV této velikosti povoleny následující limity:

BSK ₅	max. 30,0 mg/l
NL	max. 40,0 mg/l

Dle nařízení vlády 229/2007Sb. jsou tyto limity benevolentnější BSK₅ = max. 80 mg/l a NL = max. 80 mg/l. V případě KČOV Biskoupky došlo ke zpřísnění limitů z důvodu, že recipient protéká chráněným územím.

6.6 OBJEKTY NA KČOV

6.6.1 ODLEHČOVACÍ KOMORA

Je to podzemní objekt s přepadovou hranou z fošen. Tuto hranu je možno v případě potřeb regulovat. Výška přepadové hrany pro případ převedení mezních dešťů 10 l/s/ha na KČOV je 10 cm. V odlehčovací komoře je možno zahrazením odtokového potrubí odstavit čistírnu z provozu a veškeré odpadní vody jsou odváděny bez předčištění přímo do recipientu. Toto opatření je však možno použít pouze v havarijním stavu.

Návrh na déšť určený normou	312 l/s
Odtok na ČOV (mezní déšť)	23 l/s
Výška koruny přelivu	10 cm

6.6.2 ČESLE

Česle slouží k zachycení větších plovoucích látek. Jsou umístěny ve žlabu a shrabky z nich budou stírány a shromažďovány v jímce k tomu určené.

6.6.3 AKUMULAČNÍ KOMORA

Akumulační nádrž slouží jak k mechanickému vyčištění odpadních vod (usazování), tak i k zachycení dešťových vod, aby na kořenovou část KČOV bylo odváděno pouze výpočtové množství a nedocházelo tak k vyplavování kořenových polí. Uzavřením odtoku v akumulační nádrži na kořenová pole lze odpadní vody čistit pouze mechanicky a biologickou část vyřadit

z provozu. Velikost akumulární nádrže byla stanovena výpočtem na dobu zdržení 20 minut při intenzitě deště 10 l/s/ha.

Celkový potřebný prostor pro akumulaci je tedy $V = 27,6 \text{ m}^3$.

6.6.4 HORIZONTÁLNÍ KOŘENOVÁ POLE

Biologickou (kořenovou) část tvoří dvě horizontální pole s rozměry 23 m x 30 m zapojeny paralelně. Hloubka filtrační náplně v prvním poli je 1 m, v druhém pak 0,8 m. Plocha obou filtračních polí je 1380 m². Horizontální pole jsou osázena rákosem a to v počtu 10 ks/m². Odpadní voda je přiváděna rovnoměrně na začátek pole tak, aby nedocházelo k přetěžování některého úseku pole.

Odpadní voda proteče přes horizontální filtr a na konci je sbírána do drénů a dále odváděna na odtok z ČOV.

Q	0.75 l/s
Koeficient filtrace	0,002 m/s
Doba zdržení	10 dní
Hloubka vody	0.8 – 0,5 m
Hydraulické zatížení	0.047 m/d
Délka filtrační vrstvy	23 m
Šířka filtrační vrstvy	60 m
Účinná plocha	1380 m ²
Plocha na 1 obyvatele	5,75 m ²

Při těchto návrhových parametrech je uvažovaná účinnost cca 88 %, z čehož vyplývá předpokládaný průměrný odtok z čistírny $BSK_5 = 15,8 \text{ mg/l}$. Pásmo hygienické ochrany je 50 m.

6.7 DALŠÍ ÚDAJE O KČOV

Obecní úřad připravuje pod čistírnou odpadních vod vybudování dočišťovacího rybníku, který ještě zvýší celkový efekt čistírny.

Plocha KČOV nebude vzhledem k umístění čistírny a s ohledem na ráz krajiny oplocena, drobné objekty budou zajištěny zámkem.

Přípojka vody ani elektřiny zde nebude, jelikož provoz KČOV to nevyžaduje.

7 SOUČASNÝ STAV KČOV A KANALIZACE

Během téměř 20 let provozu KČOV v obci Biskoupky zaznamenala kořenová čistírna odpadních vod řadu změn, které jsou často spojeny s dlouhodobým provozem takového objektu.

Počet aktuálně připojených obyvatel ke kanalizační síti je přibližně 190. Dle NV č.401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, spadá KČOV Biskoupky do kategorie čistíren odpadních vod pro méně jak 500 EO.

7.1 KANALIZACE

Stávající kanalizace v obci Biskoupky není v dobrém stavu. Kanalizace slouží jako jednotná stoková síť s velkým přítokem balastních vod, způsobené mimo jiné zaústěním místního toku Doubravka do kanalizace. Objem balastních vod je cca 29 m³. Jednotná kanalizace bývá za vydatnějších dešťů vlivem vyšších průtoků propláchnuta. Některé šachty v obci jsou řešeny jako otevřené vpusti s železnými rošty, které zamezují přístupu do kanalizace. Na stokové síti se vyskytují DN 600-1000. Přípojky do kanalizace jsou převážně řešeny, jako přepad ze septiku, čímž částečně dochází k odseparování tuhé fáze ze splaškové vody. Na kanalizační síti je několik odlehčovacích komor, které by měly zabránit přítoku dešťových vod na čistírnu odpadních vod.

Pro lepší závěry o stavu kanalizace je doporučen pasport. Pokud byl proveden, jeho výsledky nebyly při tvorbě této studie k dispozici.

7.2 KČOV BISKOUPKY

KČOV splňuje parametry na vypouštění odpadních vod, protože přítékající odpadní voda je významně naředěna balastními vodami a vodním tokem Doubravka, který je do jednotné kanalizace zaústěn.

Čistírna je složena z těchto čistících stupňů:

- mechanické předčištění
 - ručně stírané jemné česle
 - původní akumulární/usazovací nádrž s odlehčením, na které byly provedeny úpravy tak, aby mohla částečně sloužit jako usazovací nádrž
- biologická část
 - soustava dvou paralelně zapojených horizontálních kořenových filtrů (filtračních polí)

Splašková voda je přiváděna nejprve na ručně stírané hrubé česle, ze kterých se odstraňují shrabky přibližně dvakrát týdně. Akumulační nádrž, která měla sloužit pro zdržení dešťových průtoků a jejich následné odlehčení, byla uprostřed přepažena příčkou, a tudíž došlo

k prodloužení vzdálenosti, kterou voda musí překonat pro odtok z nádrže. Tím se zvyšuje doba zdržení odpadní vody v nádrži a možnosti sedimentace kalu, můžeme tak mluvit o usazovací nádrži. Tyto úpravy byly provedeny až po kolaudaci, a proto nejsou zakresleny v projektové dokumentaci.

Horizontální pole jsou z důvodu malé doby zdržení v akumulární nádrži přetěžované, a proto při filtraci odpadní vody v samotném poli dochází ke kolmataci filtračního materiálu (šterku), především v přední části pole. Další příčinou kolmatace je zanesení filtrační vrstvy zeminou (ornicí), která se zde dostala při přívalových povodních jako splach důsledkem eroze zemědělské půdy, především z důvodu špatných protierozních opatření. Tato příčina je jednoznačně spojena se špatným hospodařením se zemědělskou půdou a nijak nesouvisí s návrhem nebo provozem samotné KČOV.

Pro ochranu KČOV je důležité zamezit splachům zeminy z okolních pozemků, toho lze docílit pouze změnou hospodaření na přilehlých pozemcích a provedením komplexních pozemkových úprav, které by zajistily ochranu KČOV a zemědělského půdního fondu (ZPF) na okolních pozemcích. Pozemkové úpravy by zajistily protierozní opatření (průlehy, travnaté pásy, hrázky) a změnu využití pozemků (osevní postup, agrotechnická opatření). Těmito opatřeními by se zminimalizoval přítok erodované zeminy do areálu KČOV, a to by znamenalo, že by již nedocházelo ke kolmataci z důvodu erozního smyvu. Pozemkové úpravy by dále umožnily vyřešit místní problémy a uspořádat pozemky ke spokojenosti obyvatelstva, zároveň by mohlo dojít k dalším potřebným opatřením v katastru obce.

Na horizontálním filtru je vysázen rákos obecný. Ani na jednom z polí není tato vegetace sečena a následně odklízena, a to ani po zimním období. Z toho důvodu se na horizontálním filtru vytvořila souvislá vrstva odumřelých rostlin. V této vrstvě dochází k rozkladu odumřelých částí rostlin, které jednak přispívají ke zvýšení organického znečištění a taky ucpávají filtrační náplň, což má za následek znehodnocení horizontálního filtru i zhoršení kvality odpadní vody.

Regulační šachty za horizontálními poli neplní svoji funkci, to znamená, že neumožňují nastavení výšky hladiny odpadní vody ve filtrační vrstvě. Dlužová stěna, která měla sloužit k regulaci výšky odpadní vody je zabetonovaná a není proto možné s ní nijak manipulovat.

7.3 ZHODNOCENÍ

Voda na odtoku z KČOV splňuje platné limity určené příslušnou legislativou. Není to však důsledek dobře fungující čistírny. Díky vysokému naředění balastními vodami jsou už na přítoku hodnoty sledovaných ukazatelů tak nízké, že splňující požadované limity. Horizontální filtr, v současném stavu, snižuje pouze NL a částečně malé množství BSK₅ a CHSK_{Cr}, ale rozhodně nefunguje na předpokládaných 88 %.

V případě rozhodnutí zahájení komplexních pozemkových úprav, je na zvážení zda se budou v areálu KČOV budovat zemní hrázky na ochranu před extravilánovou vodou, jelikož v případě uskutečnění pozemkových úprav by byl minimalizován erozní smyv z přilehlých pozemků a tudíž by hrázky byly nevyužity a byla by to zbytečná investice.

8 VARIANTY ŘEŠENÍ ÚPRAV KČOV

Na základě požadavku na možnosti intenzifikace kořenové čistírny v obci Biskoupky byla vyhotovena tři možná řešení úprav, která vychází z nejnovějších poznatků v oblasti KČOV.

8.1 PŘEDBĚŽNÝ PRŮZKUM

Výše nákladů i navržený způsob úprav ke každému řešení je orientační a navržené varianty jsou předkládány jako možnosti řešení, které by v případě zájmu byly podrobněji rozpracované. Pro kompletnější návrh studie by bylo nutné udělat předběžný průzkum, v rámci něhož by bylo určeno:

- Množství kalu v akumulární/usazovací nádrži,
- reálná výška vody v obou horizontálních polích,
- výška zakolmatované vrstvy filtračního materiálu v obou polích,
- důvody zakolmatování (kal z akumulární nádrže, zemědělská půda jako důsledek eroze a špatného obhospodařování zemědělských ploch, odumřelé zbytky mokřadní vegetace apod.),
- stav potrubí přivádějícího odpadní vodu na horizontální filtrační pole,
- stav rozdělovacích a regulačních šachet a výpustního potrubí,
- průměrné přítoky na KČOV.

Pro potřeby zjištění skutečného stavu filtračních polí by bylo nutné zkosit stávající vrstvu mokřadní vegetace (rákos obecný), kterou jsou pole osázena. Rozsah zakolmatování a skutečný stav horizontálních polí by se určil na základě kontrolních odběrů filtračního materiálu. Tyto odběry by byly provedeny na obou filtračních polích. Odebráno by bylo více vzorků ze všech částí filtračního pole, protože ucpávání filtračního materiálu se neděje rovnoměrně.

U akumulární/usazovací nádrže by bylo vhodné zjistit množství kalu a opravdovou dobu zdržení odpadní vody v nádrži.

Pro každou variantu je rozsah předběžného průzkumu jiný, v závislosti na míře zemních prací a složitosti celé rekonstrukce.

8.2 VARIANTA I – DOČASNÉ ŘEŠENÍ

Schéma řešení a orientační kalkulace nákladů je uvedena v přílohách (kap. Přílohy).

8.2.1 STRUČNÝ PŘEHLED CELÉHO ŘEŠENÍ

Udržitelnost provozu	5 – 10 let
Kanalizace	<ul style="list-style-type: none"> - Jednotná (stávající kanalizační síť) - Oddělení vodního toku Doubravka mimo kanalizační řad (koncentrovanější přítok na KČOV)
KČOV	<ul style="list-style-type: none"> - Stávající uspořádání technologických stupňů - Zefektivnění čistící účinnosti horizontálních filtračních polí (regenerace filtračních polí, přechod na pulzní vypouštění) - Ochranné hrázky proti zaplavení polí - Kalové hospodářství na KČOV
Náklady na předběžný průzkum	3 000 – 5 000 Kč
Náklady investiční (bez kalového hospodářství)	40 000 – 150 000 Kč
Náklady investiční na vybudování kalového hospodářství	45 000 Kč
Náklady provozní	40 000 – 50 000 Kč
Splnění limitů sledovaných parametrů	$BSK_5 < 40 \text{ mg/l}$ $CHSK_{Cr} < 150 \text{ mg/l}$ $NL < 50 \text{ mg/l}$

8.2.2 ZÁKLADNÍ POPIS ŘEŠENÍ

První varianta je navržena pro situaci, kdy bude prozatím zachována jednotná kanalizace a investice do zefektivnění účinnosti KČOV budou muset být minimální (například za předpokladu získání financí na budoucí celkovou rekonstrukci nebo plánované změny v nakládání s odpadními vodami). Toto řešení je pouze dočasné a v horizontu deseti let bude nutná další investice do čistírny.

Za předpokladu výstavby oddílné kanalizace bude tato varianta nevyhovující!

Technologické uspořádání jednotlivých stupňů kořenové čistírny by bylo zachováno. Rekonstrukce by se soustředila na regeneraci horizontálních filtračních polí, úpravu regulačních šachet a vybudování hrázek okolí filtračních polí, jako ochrany před extravilánovou vodou.

Výše investičních nákladů se u této varianty odvíjí od nutnosti doplnění filtračního materiálu po odstranění zakolmatované vrstvy. Tento údaj je závislý na výsledcích předběžného průzkumu. V ideálním případě by doplnění materiálu nebylo nutné vůbec a náklady na celou rekonstrukci by byly minimální.

V závislosti na výši investice by se dalo uvažovat o vybudování kalového hospodářství, které by snížilo budoucí provozní náklady.

8.2.3 STRUČNÝ POPIS ŘEŠENÍ VARIANTY I

Mechanické předčištění tvořené **česlemi** a **akumulační/usazovací nádrží** s odlehčením by zůstalo ve stávající podobě, řešení varianty I nepočítá s jejich úpravami. Při předpokladu jednotné kanalizace (i v případě oddělení toku Doubravka od kanalizačního řadu) by tento systém předčištění měl po uvažované dobu 5 – 10 let plnit svoji funkci.

Systém odlehčovacích komor na kanalizační síti, stejně tak i přepad v akumulační/usazovací nádrži, by měly zaručit dostatečné odlehčení při dešťových průtocích a nemělo by docházet k nadměrnému vyplavování kalu z nádrže na horizontální filtrační pole. Avšak je nutné si uvědomit, že při stávajícím uspořádání KČOV bude k postupné kolmataci filtračního pole stále docházet, proto je tato varianta úprav vhodná pouze pro krátkodobému řešení.

Nejvýznamnější technologické úpravy budou probíhat na dvou paralelně zapojených **horizontálních polích**, které tvoří hlavní čistící stupeň kořenové čistírny. Současný stav horizontálních polí je nevyhovující, i přesto, že díky významnému naředění přitékajících odpadních vod plní čistírna požadované limity na vypouštění. Pro zlepšení účinnosti filtračních polí je nutné:

- Mechanicky odtěžit nejvíce zakolmatovanou vrstvu filtračního materiálu po celé ploše obou polí (10–30 cm). Hloubka skrývky bude závislá na výsledcích předběžného průzkumu, který ukáže míru zanesení filtrační vrstvy. Předpokládá se, že zakolmatovaná vrstva bude dosahovat hloubky maximálně 30 cm.
- Sejmутý zakolmatovaný materiál je tvořený hrubou frakcí štěrku, který byl filtrační náplní pole (tříděný drcený štěrk frakce 8/16) a velmi jemným kolmatujícím materiálem (smyv z polí a kal z akumulační/usazovací nádrže). Z hlediska zrnitostního složení má tato skrývka ideální vlastnosti k vytvoření hrází, které by chránily kořenová pole před extravilánovou vodou. Rozměry ochranných hrázek by vycházely z množství kubatur sejmutého zakolmatovaného materiálu. Pokud by se při této variantě řešení uvažovalo i s vybudováním kalového hospodářství, mohla by se zemina vytěžená při vyhloubení kalových polí opět použít jako materiál ke stavbě hrázek.
- Tvorba ochranných hrázek závisí na rozhodnutí obce, zdali požádá o zahájení komplexních pozemkových úprav v katastru obce. Velikost hrázek je závislá na množství vytěžené zeminy z horizontálního filtru a popřípadě kalového hospodářství.

V případě realizace je nutné zajistit hygienickou nezávadnost hrázek. Důvodem je, že materiál na stavbu je vytěžen z HF a je tak považován za kontaminovaný a tím hygienicky závadný. Hygienická nezávadnost bude zajištěna tak, že pod hrázkami bude vybudován sběrný drén, který bude odvádět prosáklou vodu do rozvodné šachty. Hrázky a sběrný drén musíme v celé šířce odizolovat, aby nedošlo ke kontaminaci podloží a průsaku do zdrojů podzemní vody.

- Hloubka filtrační vrstvy v prvním poli je 1 m, v druhém je to 0,8 m. Za předpokladu, že KČOV byla původně navržena pro 240 obyvatel a specifickou potřebu vody 150 l/obyv./den, a v současné době je v obci počet obyvatel nižší než 200 a uvažovaná spotřeba vody na jednoho obyvatele se bude pohybovat kolem 120 l/obyv./den, není nutné doplňovat filtrační vrstvu na původní výšku. Navíc pokud předpokládáme, že varianta I je pouze dočasným řešením, jednalo by se o neefektivní investici. Hloubka horizontálních polí resp. výška filtrační náplně, se při aktuálních návrhových parametrech (190 obyvatel, specifická spotřeba výrazně nižší než 150 l/obyv./den) může pohybovat kolem 0,7 – 0,8 metru. Pro konkrétní řešení by byla upravená hloubka filtrační náplně podložena výpočtem tak, aby byla zaručena potřebná čistící účinnosti.
- Pokud by odstraněná vrstva filtračního materiálu byla natolik významná, že by ovlivnila čistící účinnost filtračního pole a bylo by tedy nutné ji alespoň částečně doplnit novým šterkem, je nezbytné počítat s výrazným navýšením nákladů celé investice.
- Možná by byla úprava rozvodného potrubí na filtračním poli, které by v případě nevyhovujícího stavu bylo nahrazeno novým PVC KGB DN 110.
- Filtrační pole by nadále zůstala osázena rákosem obecným, který by se pravidelně sklízela, aby odumřelé části rostlin zbytečně nezanášely filtrační materiál a nepřispívaly k vyšším koncentracím organického znečištění.

Ke zlepšení čistící účinnosti horizontálních polí by výrazně pomohla rekonstrukce **regulačních šachet** za filtračními poli. Možnost regulovat výšku hladiny v horizontálním poli je hlavním nástrojem pro jejich dlouhodobou funkčnost.

Úprava regulačních šachet za filtračními poli a změna odtoku z pole na pulzně vypouštěné by významně pomohla zvýšit čistící účinnost. Současný stav šachet, kdy je původní dlužové hrazení zabetonované, neumožňuje nijak regulovat výšku vody v horizontálních polích. Na základě podrobného průzkumu regulačních šachet by mohl být do betonové stěny vyvrtán otvor pro vložení odtokového potrubí, na který by byl připojen pulzní vypouštěč zajišťující cyklické vypouštění a napouštění filtračních polí. Touto změnou se docílilo zvýšené čistící účinnosti (v parametrech BSK₅, CHSK_{Cr}, N-NH₄⁺). Pokud by zabetonovaná stěna byla ve špatném stavu, je možné ji odstranit a nahradit polypropylenovou stěnou opět otvorem pro umístění odtokového potrubí s pulzní vypouštěčem.

Kalkulace nákladů je orientační, výsledná cena by se odvíjela na základě výběru konkrétních dodavatelů a upřesnění požadavků investora.

8.3 VARIANTA II – EFEKTIVNÍ REKONSTRUKCE

Schéma řešení a orientační kalkulace nákladů je uvedena v přílohách (kap. Přílohy).

8.3.1 STRUČNÝ PŘEHLED CELÉHO ŘEŠENÍ

Udržitelnost provozu	25 – 30 let
Kanalizace	<ul style="list-style-type: none">- Nová oddílná kanalizace- Stávající jednotná
KČOV	<ul style="list-style-type: none">- Rekonstrukce všech čistících stupňů- Vybudování lapáku písku- Možná úprava akumulární/usazovací nádrže na septik- Změna režimu filtračních polí na sériově zapojená filtrační pole v uspořádání horizontální – vertikální kořenový filtr- Ponechání jednoho horizontálního filtračního pole, které by prošlo drobnými úpravami- Výstavba nového vertikálního pulzně skrápěného filtračního pole na místě stávajícího druhého horizontálního filtru- Ochranné hrázky proti zaplavení polí- Přívod elektrické energie pro potřebu čerpání odpadní vody- Možnost vybudování nového septiku v sérii za již stávající usazovací nádrž, pro zvýšení doby zdržení a ochrany filtračních polí proti kolmataci.- Kalové hospodářství na KČOV
Náklady na předběžný průzkum	5 000 – 10 000 Kč
Náklady investiční (bez kalového hospodářství)	800 000 – 100 000 Kč
Náklady provozní	
Splnění limitů sledovaných parametrů	BSK ₅ < 40 mg/l CHSK _{Cr} < 150 mg/l NL < 50 mg/l N-NH ₄ ⁺ < 20 mg/l

Varianta II je preferovaná jako nejvhodnější řešení pro tuto konkrétní čistírnu odpadních vod.

Nové technologické uspořádání čistírny by bylo efektivním řešením při rekonstrukci kanalizačního systému na oddílný (vybudování nové splaškové kanalizace), bez problémů by však vyhovovalo i stávající jednotné kanalizaci a zaručilo by dodržení všech sledovaných parametrů (BSK_5 , CHK_{Cr} , NL a i $N-NH_4^+$).

Hlavním cílem tohoto řešení je zdokonalit mechanické předčištění, které by při zachování stávající jednotné kanalizace počítalo s dobrým odlehčením dešťových vod, ale především změnit typ filtračních polí, což by významně přispělo k vyšší účinnosti celé čistírny odpadních vod.

Nový typ technologického uspořádání by byl následující: ručně stírané česle – (lapák písku) – usazovací nádrž – (septik) – horizontální filtrační pole – vertikální pulzně skrápěné filtrační pole.

Takto navržená rekonstrukce vychází z nových poznatků, které se v praxi osvědčily při intenzifikaci jiných kořenových čistíren.

Uvedené řešení je pouze návrhem technologického uspořádání a kalkulace ceny je jen orientační.

8.3.2 STRUČNÝ POSTUP REALIZACE VARIANTY II

Pokud by v rámci rekonstrukce kanalizační sítě byla vybudována oddílná kanalizace a na KČOV by byly přiváděny pouze splaškové přítoky, není nutné uvažovat se systémem odlehčovacích komor. Pokud by byla zachována stávající jednotná kanalizace, je nutné odlehčit všechny dešťové přítoky ještě před akumulací/usazovací nádrží tak, aby nedocházelo k nadměrnému vyplavování usazeného kalu do prostoru filtračních polí. Kombinace typu filtračních polí uvažuje s postupnou kolmatací horizontálního filtračního pole, ale i přesto je nadměrné vyplavování kalu z nádrže v důsledku dešťových událostí nežádoucí.

Možnou kolmataci lze částečně snížit vybudováním nového septiku, který doplní již stávající usazovací nádrž, jež nemá dostatečný objem zaručující potřebnou dobu držení, a tudíž v ní nedochází k úplnému odseparování pevných částic.

První stupeň mechanického předčištění by tvořily jemné **ručně stírané česle**, v případě zachování jednotné kanalizace by mohl být systém předčištění doplněn o horizontální **lapák písku**. Takováto investice, ale není nezbytná, ani v případě provozu jednotné kanalizační sítě, nutné je ale počítat s usazováním hrubých částic v akumulací/usazovací nádrži.

Rozsah úprav dalšího stupně mechanického předčištění - **akumulační/dosazovací nádrže**, by byl závislý na poznatcích získaných z předběžného průzkumu. Rozhodující je především stávající doba zdržení a možnost usazování kalu v prostoru nádrže. Pokud by tyto parametry byly nevyhovující, především pokud by doba zdržení byla příliš krátká, takže by nedocházelo k dostatečnému usazování kalu, bylo by nutné upravit systém komor a stěn v akumulací nádrži. Kvůli těmto úpravám by bylo nutné stávající nádrž vypustit, dočasně přerušit provoz KČOV a nádrž zrekonstruovat, ideálně vytvořit systém komor a přebudovat ji na tříkomorový **septik** s dobou zdržení 3 - 5 dnů. Současný objem nádrže není dostačující pro dobu zdržení ani 3 dnů, a proto nebude usazování kalu dokonalé, a tudíž bude docházet k následné kolmataci

horizontálního pole. Vybudováním nového septiku zapojeného do série za stávající usazovací nádrž dojde k zachycení kalu, který se neusadil dříve v usazovací nádrži. Výstavba dalšího septiku není podmínkou pro zajištění správného chodu čistírny, ovšem výrazně tím sníží kolmataci horizontálního pole, které se nebude muset tak často regenerovat. Při rekonstrukci stávající nádrže doporučuji, aby byly přepážky mezi jednotlivými komorami vyrobeny z polyethylenových desek. Při předpokladu úpravy akumulací/dosazovací nádrže na septik a vybudováním splaškové kanalizace, by měl být zrušen stávající bezpečnostní přepad z této nádrže, protože by nebylo nutné odlehčení dešťových přítoků. V případě realizace septiku, bude navržen jako monolitická konstrukce, vybetonovaná přímo na stavbě do předem připraveného bednění. Výstavba septiku by probíhala v těchto krocích:

- Vyhloubení stavební jámy o rozměrech 6 m x 11 m x 4 m. Přebytková vytěžená zemina bude dále použita na zhotovení ochranných hrázek kolem areálu čistírny.
- Zhotovení podkladního betonu C16/20. Beton bude na stavbu dopraven pomocí domíchávačů z nedaleké betonárky v Ivančicích. V případě nutnosti bude do stavební jámy zavedeno čerpadlo, pro odčerpávání podzemní vody.
- Po dostatečném ztvrdnutí podkladního betonu, můžeme začít s přípravou bednění a výztuží pro vybetonování septiku. Beton pro septik byl zvolen C 30/37 se zvýšenou odolností proti chemickému znečištění. Septik je řešen, jakou soustavu tří komor, z nichž první je největší $V_1 = 56,7 \text{ m}^3$ a zbylé dvě nádrže jsou stejné $V_{2,3} = 36 \text{ m}^3$. Ve stěnách mezi komorami jsou nechané otvory, do kterých budou osazeny PVC KGB DN 110 trubky, přes které bude splašková voda proudit mezi komorami.
- Ve stropní desce tl. 0,3 m, jsou nechané otvory pro další přístup dovnitř. Na tyto otvory budou osazeny poklopy s možností zamezení vniku, a to pomocí zámku.
- Pro zajištění správné funkce septiku bude nutné pravidelně vyvážet kal. Kal může být umístěn na kalová pole v areálu čistírny (pokud budou vybudována) nebo bude odvážen na jinou větší čistírnu, kde bude vysušen, hygienicky ošetřen a dále zlikvidován.

Značné úpravy by proběhly na obou **horizontálních filtračních polích**. První z nich by bylo ponecháno a prošlo by drobnými úpravami, které vychází z Varianty I. Druhé horizontální filtrační pole by bylo přebudováno na vertikální, pulzně skrápěné filtrační pole a bylo by zapojeno do série za první horizontální filtrační pole.

Úpravy **prvního horizontálního filtračního** pole se zaměřují na zlepšení jeho čistící účinnosti. Při této variantě řešení neplní horizontální filtr funkci hlavního čistícího stupně, ale slouží pouze k předčištění odpadní vody. Největší čistící účinnost je předpokládána u vertikálního filtračního pole, které vznikne na místě stávajícího druhého horizontálního pole. Přesto je nutné provést na prvním horizontálním filtračním poli řadu úprav:

- Mechanicky odtěžit nejvíce zakolmatovanou vrstvu filtračního materiálu (šterk frakce 4/8) po celé ploše obou polí (10 – 30 cm). Hloubka skrývky bude závislá na výsledcích předběžného průzkumu, který ukáže míru zanesení filtrační vrstvy. Předpokládá se, že zakolmatovaná vrstva bude dosahovat hloubky maximálně 30 cm.
- Sejmutý zakolmatovaný materiál je tvořený hrubou frakcí šterku, který byl filtrační náplní pole (tříděný drcený šterk frakce 8/16) a velmi jemným kolmatujícím materiálem (smyv z polí a kal z akumulací/usazovací nádrže). Z hlediska zrnitostního složení má

tato skrývka ideální vlastnosti k vytvoření hrází, které by chránily kořenová pole před extravilánovou vodou.

- Tvorba ochranných hrázek závisí na rozhodnutí obce, zdali požádá o zahájení komplexních pozemkových úprav v katastru obce. Velikost hrázek je závislá na množství vytěžené zeminy z horizontálního filtru a popřípadě kalového hospodářství. V případě realizace je nutné zajistit hygienickou nezávadnost hrázek. Důvodem je že materiál na stavbu je vytěžen z HF a je tak považován za kontaminovaný a tím hygienicky závadný. Hygienická nezávadnost bude zajištěna tak, že pod hrázkami bude vybudován sběrný drén, který bude odvádět prosáklou vodu do rozvodné šachty. Hrázky a sběrný drén musíme v celé šířce odizolovat, aby nedošlo ke kontaminaci podloží a průsaku do zdrojů podzemní vody.
- Zakolmatovaný filtrační materiál, který by byl z horizontálního filtračního pole odstraněn, by byl do původní výšky 1 m opět doplněn štěrkem, který je použitý na druhém horizontálním poli a při jeho úpravách na vertikální filtr by byl stejně nahrazený filtračním materiálem jemnější frakce. Důležité by bylo použít na doplnění jen ten štěrk, který je nezakolmatovaný.
- Předpokládá se, že by rozměry původního prvního filtračního pole zůstaly zachovány. V případě realizace této varianty by tento návrh byl podložený hydraulickým výpočtem.
- Možná by byla úprava rozvodného potrubí na filtračním poli, které by v případě nevyhovujícího stavu bylo nahrazeno novým PVC KGB DN 110.
- Filtrační pole by zůstalo osázené rákosem obecným, který by se pravidelně sklízел, aby odumřelé části rostlin zbytečně nezanášely filtrační materiál a nepřispívaly k vyšším koncentracím organického znečištění v odpadní vodě.

Odtok z horizontálního filtračního pole by byl sveden to stávající **regulační šachty**, ve které by byla odstraněna dlužová stěna, která je nyní zabetonovaná a neumožňuje regulovat výšku hladiny v horizontálních filtračních polích. Regulace vody ve filtračním poli by byla zabezpečena pulzním vypouštěním anebo pomocí PVC hadice, která by byla připevněna na odtokové potrubí přímo v šachtě.

Z této regulační šachty by odpadní voda gravitačně přitékala do nově vybudované **čerpací šachty**, ve které by bylo umístěno čerpadlo, které by čerpalo vodu do **rozdělovací šachty** na nově vybudovaném vertikálním filtračním poli, odkud by odpadní voda byla pulzně dávkovaná na povrch tohoto filtračního pole.

Rozdělovací šachta by byla členěna na 2 nebo 4 komory, každá s vlastním odtokovým potrubím, na němž by byly připevněny pulzní vypouštěče. Voda tlakem přiváděná z čerpací šachty by byla rozdělena rovnoměrně do všech komor. Zde by se postupně kumulovala. Pulzní vypouštěče, ovládané pomocí plováku, by při dosažení nastavené hladiny odpadní vody v komoře otevřely zpětnou klapku na odtokovém potrubí a voda by mohla být pomocí systému rozvodného potrubí dávkována na povrch vertikálního filtračního pole. Po odtoku odpadní vody z komory, by se klapka na odtokovém potrubí v každé komoře opět zavřela a odpadní voda by se v šachtě pomalu kumulovala. Množství pulzů (otevření klapky vypouštěče) by bylo dáno výpočtem, stejně jako velikost rozdělovací šachty.

Jak bylo naznačeno, druhé, původně paralelně zapojené, horizontální filtrační pole, by bylo přebudováno na **vertikální pulzně zkrápěné filtrační pole**, zapojené do série za první horizontální filtr. Vertikální filtrační pole dosahují vysokých čistících účinností v odstranění BSK₅, CHSK_{Cr}, ale především díky aerobnímu prostředí ve filtrační náplni je vysoká účinnost v odstranění amoniakálního dusíku. Výstavba filtračního pole by probíhala v těchto krocích:

- Mechanicky by se odtěžila zakolmatovaná vrstva původního filtračního materiálu horizontálního pole-šterk frakce 4/8. Ta by byla použita na výstavbu protierozních hrázek. Filtrační materiál, který by nevykazoval známky zakolmatování by byl použit k doplnění odstraněné vrstvy šterku na prvním horizontálním filtračním poli.
- Část původní vrstvy by se ponechala jako vrstva drenážní, stejně tak by původní sběrné potrubí sloužilo jako odtokové, které odvádí vyčištěnou vodu z filtračního pole. Pokud by sběrné odtokové potrubí nebylo v dobrém stavu, bylo by nahrazeno novým.
- Na vrstvu původního šterku 4/8 by se navezla přechodová vrstva šterku frakce 2/4. Hlavní náplň filtračního materiálu by tvořil praný šterkopísek frakce 0/4 ve vrstvě 0,6 – 0,7 m, na kterém by byla ještě vrstva šterku frakce 2/4.
- Plocha vertikálního filtračního pole by byla menší, než původní rozměry horizontálního pole. Konkrétní velikost by vycházela z hydraulických výpočtů.
- Na povrchu filtračního pole by byl rozmístěn systém perforovaného potrubí, který by rovnoměrně rozváděl odpadní vodu na povrch celého pole. Aby docházelo k lepší distribuci vody a předcházelo se ucpávání potrubí, by bylo podloženo dlaždicemi.
- Rozdělovací šachta, do které bude čerpána odpadní voda, by byla umístěna ve středu filtračního pole.
- Vertikální filtrační pole by bylo osázeno mokřadní vegetací (rákos obecný), která by se pravidelně udržovala.
- Odpadní voda z vertikálního filtračního pole by odtékala do revizní šachty, která by vznikla namísto původní regulační šachty horizontálního filtračního pole. Odtud by pak voda byla odváděna přes měrný objekt do recipientu.
- Obvodové stěny rozdělovací (pulzní) šachty se zateplý polystyrénem tl. 100 mm, pro zajištění dokonalejší ochrany proti mrazu. Zároveň dojde k zastřešení šachty z důvodu ochrany proti mrazu a srážkám (sníh, déšť).

Protože na KČOV není dostatečný sklon terénu, aby mohl být zabezpečen gravitační přítok odpadní vody do rozdělovací šachty, bude nutné vodu čerpat. Na KČOV doposud není **zdroj elektrické energie**, bude nutné vybudovat přípojku elektrické energie přímo do objektu čistírny. V těsné blízkosti KČOV se nachází vedení elektrické energie i hospodářský objekt, od kterých může být přípojka bez problémů vedena.

Pro kořenovou čistírnu by bylo vhodné vytvořit **kalové hospodářství**. Zemina odstraněna při výkopech na vytvoření kalových polí, by se použila k vystavění hrázek pro navýšení kapacity kalových polí nebo pro zvětšení ochranných hrázek kolem filtračních polí, které chrání před extravilánovou vodou. Kalové hospodářství by sloužilo k vysušení kalu z akumulací/usazovací nádrže resp. septiku. Toto řešení by značně ušetřilo náklady při likvidaci kalu. Kalová pole jsou projektována jako dostatečně kapacitní, kdy odvodnění sušiny kalu zaručuje minimalizaci objemu kalu v kalových polí, která tak mohou fungovat řadu let.

8.4 VARIANTA III – KOMPLETNÍ REKONSTRUKCE

Schéma řešení a orientační kalkulace nákladů je uvedena v přílohách (kap. Přílohy).

8.4.1 STRUČNÝ PŘEHLED CELÉHO ŘEŠENÍ

Udržitelnost provozu	25 – 30 let
Kanalizace	- Nová oddílná kanalizace
KČOV	<ul style="list-style-type: none"> - Rekonstrukce všech čistících stupňů - Vybudování lapáku písku - Úprava akumulací/usazovací nádrže - Změna režimu filtračních polí na sériově zapojená filtrační pole v uspořádání horizontální – vertikální kořenový filtr - Ponechání jednoho horizontálního pole, které by prošlo drobnými úpravami - Výstavba nového vertikálního pulzně skrápěného filtračního pole na místě stávajícího druhého horizontálního filtru - Ochranné hrázky proti zaplavení polí - Přívod elektrické energie pro potřebu čerpání - Celkové odstranění dusíku (filtrační pole se speciální náplní, biologická stabilizační nádrž) - Možnost odstranění fosforu (jeho srážení, biologická stabilizační nádrž) - Kalové hospodářství na KČOV
Náklady na předběžný průzkum	30 000 – 40 000 Kč
Náklady investiční (bez kalového hospodářství)	1 500 000 – 2 000 000 Kč
Náklady provozní	
Splnění limitů sledovaných parametrů	<p>BSK₅ < 40 mg/l</p> <p>CHSK_{Cr} < 150 mg/l</p> <p>NL < 50 mg/l</p> <p>N-NH₄⁺ < 20 mg/l</p> <p>P_{celk.} < 3 mg/l</p>

Poslední navrhnutá varianta je technologicky i investičně nejnáročnější. Vychází z Varianty II, kdy by po rekonstrukci mechanického předčištění a filtračních polí bylo uspořádání: česle –

usazovací/septik – horizontální filtrační pole – vertikální filtrační pole doplněno o terciální stupeň čištění (biologický rybník nebo horizontální filtrační pole se speciální náplní) pro odstranění celkového dusíku; současně by celý čistící systém mohl být doplněn o jednotku pro srážení fosforu, aby se zabezpečilo jeho účinné odstranění.

Taková to úprava by ze všech tří navržených variant byla nejnáročnější na plochu, investici i technologické řešení a vyžadovala by odborné konzultace, byla by ale efektivní v odstranění všech sledovaných ukazatelů, včetně fosforu a dusíku.

Na KČOV je fosfor částečně vstřebáván rostlinami, které mohou odstranit až 5-10 % celkového fosforu. Účinným způsobem jak fosfor na čistírnách odpadních vod odstraňovat je jeho srážení. Jednotka pro srážení fosforu by byla po konzultaci s odbornou firmou umístěna pravděpodobně na začátku čistírny odpadních vod, tak aby se v okamžiku nadávkování srážecí chemikálie usadila sraženina v usazovací nádrži či septiku, který by na tyto potřeby musel být dimenzován.

Pokud by nebyla srážecí jednotka pro odstranění fosforu realizována, k částečnému odstranění fosforu by docházelo ve stabilizační nádrži. Nutno podotknout, že i původní projektová dokumentace počítala s návrhem biologické dočišťovací nádrže, která by kromě zvýšení čistící účinnosti celé KČOV pomohla k retenci vody v krajině.

Celkové odstranění dusíku by mohlo být zabezpečeno vybudováním třetího filtračního pole. Jednalo by se o horizontální pole, ve kterém by bylo vytvořeno anaerobní prostředí, které by v kombinaci s vhodnou volbou filtrační náplně bylo podmínkou pro proces denitrifikace.

K účinnějšímu odstranění dusíkatých sloučenin by pomohla i stabilizační biologická nádrž.

8.4.2 STRUČNÝ POSTUP REALIZACE VARIANTY III

Poslední navržené možné řešení je doplněním Varianty II o další čistící stupeň. Postup úpravy jednotlivých čistících stupňů je velmi podobný a nově navržené objekty k odstranění fosforu a dusíku pouze doplňují původní postup. Tato varianta řešení je doporučována pouze při vybudování nové splaškové kanalizace, především z důvodu provozu srážecí jednotky na odstranění fosforu, která by v případě jednotné kanalizace byla neefektivní.

Za předpokladu vybudování oddílné kanalizační sítě by nebylo nutné zachovávat systém **odlehčovacích komor** před čistírnou odpadních vod.

První stupeň mechanického předčištění by tvořily jemné **ručně stírané česle**, v případě uvažované oddílné kanalizace není nutné zařazovat lapák písku.

Pokud by byl kladen požadavek na vysokou účinnost při **odstranění fosforu**, byla by těsně za česlemi nebo ještě před nimi, na základě odborné konzultace, umístěna dávkovací jednotka s čerpadlem pro dávkování vybrané chemikálie (soli železa a hliníku), tak aby se vzniklá sraženina usadila v usazovací nádrži resp. septiku. Proces **srážení fosforu** by byl konzultován s odbornou firmou.

Akumulační/dosazovací nádrž by při tomto řešení byla přebudována na vícekomorový septik s dobou zdržení 5 dnů. Celková úprava by byla závislá na poznatcích získaných z předběžného průzkumu. Rozhodující je především doba zdržení a možnost usazování kalu v prostoru nádrže.

Pokud by tyto parametry byly nevyhovující, především pokud by doba zdržení byla příliš krátká, takže by nedocházelo k dostatečnému usazování kalu, bylo by nutné upravit systém komor a stěn v akumulární nádrži. Kvůli těmto úpravám by bylo nutné stávající nádrž vypustit, dočasně přerušit provoz KČOV a nádrž zrekonstruovat. Přepážky mezi jednotlivými komorami by mohly být vytvořeny z polyethylenových desek. Při předpokladu úpravy akumulární/dosazovací nádrže na septik a vybudováním splaškové kanalizace, by měl být zrušen stávající bezpečnostní přepad z této nádrže, protože by nebylo nutné odlehčení dešťových přítoků.

Značné úpravy by proběhly na obou **horizontálních filtračních polích**. První z nich by bylo ponecháno a prošlo by drobnými úpravami, které vychází z Varianty I. Druhé horizontální filtrační pole by bylo přebudováno na vertikální, pulzně skrápěné filtrační pole a bylo by zapojeno do série za první horizontální filtrační pole. Postup úpravy obou stávajících filtračních polí je převzatý z Varianty II.

Úpravy **prvního horizontálního filtračního** pole se zaměřují na zlepšení jeho čistící účinnosti. Při této variantě řešení neplní horizontální filtr funkci hlavního čistícího stupně, ale slouží pouze k předčištění odpadní vody. Největší čistící účinnost je předpokládána u vertikálního filtračního pole, které vznikne na místě stávajícího druhého horizontálního pole. Přesto je nutné provést na horizontálním filtračním poli řadu úprav:

- Mechanicky odtěžit nejvíce zakolmatovanou vrstvu filtračního materiálu (šterk frakce 4/8) po celé ploše obou polí (10 – 30 cm). Hloubka skrývky bude závislá na výsledcích předběžného průzkumu, který ukáže míru zanesení filtrační vrstvy. Předpokládá se, že zakolmatovaná vrstva bude dosahovat hloubky maximálně 30 cm.
- Sejmutý zakolmatovaný materiál je tvořený hrubou frakcí šterku, který byl filtrační náplní pole (tříděný drcený šterk frakce 8/16) a velmi jemným kolmatujícím materiálem (smyv z polí a kal z akumulární/usazovací nádrže). Z hlediska zrnitostního složení má tato skrývka ideální vlastnosti k vytvoření hrází, které by chránily kořenová pole před extravilánovou vodou.
- Tvorba ochranných hrázek závisí na rozhodnutí obce, zdali požádá o zahájení komplexních pozemkových úprav v katastru obce. Velikost hrázek je závislá na množství vytěžené zeminy z horizontálního filtru a popřípadě kalového hospodářství. V případě realizace je nutné zajistit hygienickou nezávadnost hrázek. Důvodem je že materiál na stavbu je vytěžen z HF a je tak považován za kontaminovaný a tím hygienicky závadný. Hygienická nezávadnost bude zajištěna tak, že pod hrázkami bude vybudován sběrný drén, který bude odvádět prosáklou vodu do rozvodné šachty. Hrázky a sběrný drén musíme v celé šířce odizolovat, aby nedošlo ke kontaminaci podloží a průsaku do zdrojů podzemní vody.
- Zakolmatovaný filtrační materiál, který by byl z horizontálního filtračního pole odstraněn, by byl do původní výšky 1 m opět doplněn šterkem, který je použitý na druhém horizontálním poli a při jeho úpravách na vertikální filtr by byl stejně nahrazený filtračním materiálem jemnější frakce. Důležité by bylo použít na doplnění jen ten šterk, který je nezakolmatovaný.

- Předpokládá se, že by rozměry původního prvního filtračního pole zůstaly zachovány. V případě realizace této varianty by tento návrh byl podložený hydraulickým výpočtem.
- Možná by byla úprava rozvodného potrubí na filtračním poli, které by v případě nevyhovujícího stavu bylo nahrazeno novým PVC KGB DN 110.
- Filtrační pole by zůstalo osázené rákosem obecným, který by se pravidelně sklízел, aby odumřelé části rostlin zbytečně nezanášely filtrační materiál a nepřispívaly k vyšším koncentracím organického znečištění v odpadní vodě.

Odtok z horizontálního filtračního pole by byl sveden to stávající **regulační šachty**, ve které by byla odstraněna dlužová stěna, která je nyní zabetonovaná a neumožňuje regulovat výšku hladiny v horizontálním filtračním poli. Regulace vody ve filtračním poli by byla zabezpečena pulzním vypouštěním anebo pomocí PVC hadice, která by byla připevněna na odtokové potrubí přímo v šachtě.

Z této regulační šachty by odpadní voda gravitačně přitékala do nově vybudované **čerpací šachty**, ve které by bylo umístěno čerpadlo, které by čerpalo vodu do **rozdělovací šachty** na nově vybudovaném vertikálním filtračním poli, odkud by odpadní voda byla pulzně dávkovaná na povrch tohoto filtračního pole.

Rozdělovací šachta by byla členěna na 2 nebo 4 komory, každá s vlastním odtokovým potrubím, na němž by byly připevněny pulzní vypouštěče. Voda tlakem přiváděná z čerpací šachty by byla rozdělena rovnoměrně do všech komor. Zde by se postupně kumulovala. Pulzní vypouštěče, ovládané pomocí plováku, by při dosažení nastavené hladiny odpadní vody v komoře otevřely zpětnou klapku na odtokovém potrubí a voda by mohla být pomocí systému rozvodného potrubí dávkována na povrch vertikálního filtračního pole. Po odtoku odpadní vody z komory, by se klapka na odtokovém potrubí v každé komoře opět zavřela a odpadní voda by se v šachtě pomalu kumulovala. Množství pulzů (otevření klapky vypouštěče) by bylo dáno výpočtem, stejně jako velikost rozdělovací šachty.

Jak bylo naznačeno druhé, původně paralelně zapojené horizontální filtrační pole, by bylo přebudováno na **vertikální pulzně skrápěné filtrační pole**, zapojené do série za první horizontální filtr. Vertikální filtrační pole vykazují vysokých účinností v odstranění BSK₅, CHSK_{Cr} ale především díky aerobnímu prostředí ve filtrační náplni je vysoká účinnost v odstranění amoniakálního dusíku. Výstavba filtračního pole by probíhala v těchto krocích:

- Mechanicky by se odtěžila zakolmatovaná vrstva původního filtračního materiálu horizontálního pole šterk frakce 4/8. Ta by byla použita na výstavbu protierozních hrázek. Filtrační materiál, který by nevykazoval známky zakolmatování by byl použit k doplnění odstraněné vrstvy šterku na prvním horizontálním filtračním poli.
- Část původní vrstvy by se ponechala jako vrstva drenážní, stejně tak by původní odtokové potrubí sloužilo jako odtokové, které odvádí vyčištěnou vodu z filtračního pole. Pokud by sběrné odtokové potrubí nebylo v dobrém stavu, bylo by nahrazeno novým.
- Na vrstvu původního šterku 4/8 by se navezla přechodová vrstva šterku frakce 2/4. Hlavní náplň filtračního materiálu by tvořil praný šterkopísek frakce 0/4 ve vrstvě 0,6 m, na kterém by byla ještě vrstva šterku frakce 4/8.

- Plocha filtračního pole by byla menší, než původní horizontální pole. Konkrétní velikost by vycházel z hydraulických výpočtů.
- Na povrchu filtračního pole by byl rozmístěn systém perforovaného potrubí, který by rovnoměrně rozváděl odpadní vodu na povrch celého pole. Aby docházelo k lepší distribuci vody a předcházelo se ucpávání potrubí, by bylo podloženo dlaždicemi.
- Rozdělovací šachta, do které bude čerpána odpadní voda, by byla umístěna ve středu filtračního pole.
- Vertikální filtrační pole by bylo osázeno mokřadní vegetací, která by se pravidelně udržovala.
- Obvodové stěny rozdělovací (pulzní) šachty se zateplý polystyrénem tl. 100 mm, pro zajištění dokonalejší ochrany proti mrazu. Zároveň dojde k zastřešení šachty z důvodu ochrany proti mrazu a srážkám (sníh, déšť).

Protože na KČOV není dostatečný sklon terénu, aby mohlo být zabezpečen gravitační přítok odpadní vody do rozdělovací šachty, bude nutné vodu čerpat. Protože na KČOV doposud není **zdroj elektrické energie**, bude nutné dovést elektrickou energii do objektu čistírny. V těsné blízkosti KČOV se nachází vedení elektrické energie i hospodářský objekt, od kterých může být přípojka bez problémů vedena.

Při požadavku na odstranění celkového dusíku by bylo zbudováno další filtrační kořenové pole, **horizontální filtr se speciální náplní**, ve kterém by byla odpadní voda opět udržovaná ve výšce filtrační náplně a vzniklo by tak anaerobní prostředí, které je předpokladem pro denitrifikaci. Jako náplň filtru by mohl být zvolen štěrk (štěrk byl použit při rekonstrukci kořenové čistírny ve Velké Jesenici) nebo nějaká zatím blíže nespecifikovaná organická náplň, která by zajišťovala dokonalou denitrifikaci. Zmíněná speciální náplň v HF nemůže být dále specifikována a popsána, jelikož obsah náplně je v procesu výzkumu.

Stabilizační biologická nádrž je další možnou variantou řešení při požadavku na snížení celkového dusíku i fosforu na odtoku z KČOV. I v případě, že by jako technologický stupeň nebylo zařazeno srážení fosforu ani třetí filtrační pole pro odstranění celkového dusíku, pomohla by biologická nádrž zvýšit účinnost odstranění zmíněných látek. Dlouhá doba zdržení, přítomnost rostlin, v podobě litorálního pásma a plovoucích ostrovů, pomáhá odstraňovat nežádoucí znečištění. Dle výzkumů, plovoucí ostrovy představují novou metodu pro zvýšení účinnosti odstraňování celkového dusíku v stabilizačních nádržích. Pro výstavbu stabilizační nádrže by bylo nutné provést detailní průzkum lokality.

Pro kořenovou čistírnu by bylo vhodné vytvořit **kalové hospodářství**. Zemina odstraněna při výkopech na vytvoření kalových polí, by se použila k vystavění hrázek pro navýšení kapacity kalových polí nebo pro zvětšení ochranných hrázek kolem filtračních polí, které chrání před extravilánovou vodou. Kalové hospodářství by sloužilo k vysušení kalu z akumulací/usazovací nádrže resp. septiku. Toto řešení by značně ušetřilo náklady při likvidaci kalu. Kalová pole jsou projektována jako dostatečně kapacitní, kdy odvodnění sušiny kalu zaručuje minimalizaci objemu kalu v kalových polí, která tak mohou fungovat řadu let.

9 ZÁVĚR

V České republice se nachází velké množství KČOV v podobném nebo horším technickém stavu, jako je čistírna v obci Biskoupky. Tyto čistírenské objekty mají v okamžiku řešení problému s nízkou čistící účinností dvě možnosti, zaprvé přejít na jiný způsob čištění odpadní vody nebo provést celkovou rekonstrukci a intenzifikaci celé KČOV. Studie řešení rekonstrukce v obci Biskoupky je řešena tak, aby mohla sloužit jako „vzorový příklad“ pro další kořenové čistírny v republice. Fakt, že mají vlastníci KČOV možnost výběru z více variant, zajišťuje větší pravděpodobnost volby alespoň jednoho ideálního řešení a tím dřívější rekonstrukci.

Předpokladem dobrého fungování kořenové čistírny odpadních vod v obci Biskoupky během dalších let provozu je její rekonstrukce, která zaručí na odtoku z KČOV nízké koncentrace sledovaných parametrů znečištění. Ideálním řešením pro tuto konkrétní čistírnu je předložená Varianta II, při které by KČOV prošla kompletní rekonstrukcí, což by přispělo ke zvýšení čistící účinnosti a plnění limitů sledovaných parametrů BSK₅, CHSK_{Cr}, NL a N-NH₄⁺. Technologické uspořádání mechanického předčištění (česle a usazovací nádrž resp. septik) spolu s biologickým stupněm čištění tvořeným systémem kořenových filtračních polí (horizontální filtr a pulzně skrápěný vertikální filtr) se v současné době považuje za nejlepší řešení pro kořenové čistírny odpadních vod pro méně jak 500 EO (dostatečně účinné je ale i pro čistírny odpadních vod v kategorii 500-2000 EO). Toto uspořádání čistících stupňů je vhodné jak pro jednotnou, tak oddílnou kanalizační soustavu. Investiční náklady by se u této varianty pohybovaly kolem 600 000,- Kč, provozní náklady by pak činili přibližně 80 000,- Kč za rok. Toto řešení vyžaduje vybudování elektrické přípojky pro objekt KČOV.

Varianta I představuje vhodné opatření pro KČOV za předpokladu, že finance pro rozsáhlejší rekonstrukci by bylo nutné postupně získat v horizontu několika let. Toto řešení je upřednostňované i za předpokladu, že by se v budoucnu uvažovalo splaškové vody čerpat na větší čistírnu odpadních vod. V těchto případech je Varianta I doporučovaná jako ideální dočasné řešení pro KČOV. Předpokladem je zachování stávající jednotné kanalizace, i v okamžiku odklonění vodního toku Doubravka mimo stokovou soustavu. Investiční náklady, úpravy zmíněné ve Variantě I, se pohybují v řádech desítek tisíc korun českých, nejvyšší položkou v předběžném rozpočtu je filtrační materiál, který by ale nemusel být nutně pořízován.

Varianta III je rozšířením Varianty II o možnost odstranění fosforu a celkového dusíku. Jedná se o technologicky i finančně náročnější řešení, které by ale účinně odstraňovalo všechny úředně sledované parametry znečištění. Technologické uspořádání by bylo doplněné o srážení fosforu. Odstranění celkového dusíku by pomohlo doplnění systému filtračních polí o horizontální filtr se speciální náplní. Další možností je vytvořit terciální dočištění pomocí biologické stabilizační nádrže. Varianta III je sice velmi výhodná z hlediska čistící účinnosti, ale s přihlédnutím na velikost KČOV a výši investičních nákladů je neefektivní.

Věřím, že bakalářská práce splnila všechny výše uvedené cíle a poskytuje dostatečné informace o možnostech rekonstrukce, a že na základě výstupů z této práce bude realizována některá

z variant rekonstrukce. Způsob zpracování studie, kdy je k písemnému zpracování návrhu vypracován 3D model každé navržené varianty, podává lepší vizuální představu o provedení jednotlivých variant a rozdílů mezi nimi. Tento způsob provádění studie o rekonstrukcích se jeví jako nejlepší, a proto by na základě této studie mohli vznikat další reálné projekty.

10 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ODBORNÉ ČLÁNKY A PUBLIKACE

1. ABOU-ELELA, SOHAIR I. a MOHAMED S. HELLAL. Municipal wastewater treatment using vertical flow constructed wetlands planted with Canna, Phragmites and Cyprus. *Ecological Engineering*. 2012, vol. 47, s. 209-213. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.06.044>.
2. AKRATOS, C.S., TSIHRINTZIS, V.A., 2007. Effect of temperature, HRT, vegetation and porous media on removal efficiency of pilot-scale horizontal subsurface flow constructed wetlands. *Ecol. Eng.* 29 (2), 173–191.
3. GUIPINGFU, JIAHONGZHANG, WEICHEN, ZHUANGRUICHEN, Medium clogging and the dynamics of organic matter accumulation in constructed wetlands, *Ecological Engineering*, Volume 60, November 2013, Pages 393-398, ISSN 0925-8574, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.09.012>. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857413003583>]
4. HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍK, Petr PRAX a Petr HLUŠTÍK. *Stokování a čištění odpadních vod: modul 1*. 2006. VUT BRNO, 2006.
5. HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍK, Petr PRAX a Petr HLUŠTÍK. *Stokování a čištění odpadních vod: modul 2*. 2006. VUT BRNO, 2006.
6. HORÁKOVÁ, M. *Analytika vody*. Vyd. 2., opr. a rozš. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2003, 335 s. ISBN 80-708-0520-X.
7. HUANG, J., CAI, W., ZHONG, Q., WANG, S., 2013. Influence of temperature on micro-environment, plant eco-physiology and nitrogen removal effect in subsurface flow constructed wetland. *Ecol. Eng.* 60, 242–248.
8. JENIŠTA, Petr. *Kořenová čistírna odpadních vod Velká Jesenice: prezenta*. 24.2.2017.
9. KADLEC, R., WALLACE, S. 2009. *Treatment wetlands*, 2nd ed. CRC press, Boca Raton, FL.
10. KADLEC, R.H., KNIGHT, R.L., 1996. *Treatment Wetlands*. CRC Press/Lewis Publishers, New York, p. 893.
11. KRIŠKA, Michal a Miroslava NĚMCOVÁ. *Kořenové čistírny odpadních vod: METODICKÁ PŘÍRUČKA PRO POVOLOVÁNÍ, NÁVRH, REALIZACI A PROVOZ*. 4/2011. Brno, 2015.
12. KRIŠKA-DUNAJSKÝ, M.; NĚMCOVÁ, M.; HNÁTKOVÁ, T. Předpov_koncentrací znečištění na odtoku z kořenové čistírny – matematické modely. In: *Přírodní způsoby čištění vod VIII, Sborník přednášek*, 1. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2014, 11 s.
13. KRIŠKA-DUNAJSKÝ, M.; NĚMCOVÁ, M.; HRADILOVÁ, I.; HNÁTKOVÁ, T.; ROZKOŠNÝ, M. Kořenové čistírny odpadních vod v České republice- cesta k nápravě. In *Odpadové vody 2014 : Zborník 8. bienálnej konferencie s medzinárodnou účasťou*. 1. Bratislava: NOI, 2014. s. 250-256. ISBN: 978-80-970896-7- 2.
14. KRIŠKA-DUNAJSKÝ, M.; NĚMCOVÁ, M.; HRADILOVÁ, I.; HNÁTKOVÁ, T.; ROZKOŠNÝ, M., Kořenové čistírny odpadních vod v České republice- cesta k nápravě, příspěvek na konferenci *Odpadové vody 2014 : Zborník 8. bienálnej konferencie s medzinárodnou účasťou*, ISBN 978-80-970896-7-2, NOI, Bratislava, 2014
15. LANGERGRABER, Gunter a Raimund HABERL. *Constructed wetlands for water treatment. : Minerva Biotechnologica; Torino*. Torino: Edizioni Minerva Medica, 2001, 13(2), 123. ISSN 11204826.
16. MAEHLUM, T., STALNACKE, P., 1999. Removal efficiency of three cold-climate constructed wetlands treating domestic wastewater: effects of temperature, seasons, loading rates and input concentrations. *Water Sci. Technol.* 40 (3), 273–281.

17. MALÝ, J.; MALÁ, J. *Chemie a technologie vody*, Ardec s.r.o., Brno, 2006, ISBN 80-86020-50-9.
18. NĚMCOVÁ M. *Modelování biochemických pochodů ve filtračním prostředí kořenových čistíren*. Brno, 2015. 88 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Michal Křiška, Ph.D.
19. NĚMCOVÁ, M.; KRIŠKA-DUNAJSKÝ, M. Development of constructed treatment wetlands in Czech Republic for five years term. In *SGEM Conference Proceedings. International multidisciplinary geoconference SGEM. Ecology, Economics, Education and Legislation*. 51 Alexander Malinov Blvd., 1712, Sofia, Bulgaria: STEF92 Technology Ltd., 2016. s. 225-232. ISBN: 978-619-7105-66-7. ISSN: 1314-2704.
20. NYPL, Vladimír a Marcela SYNÁČKOVÁ. *Zdravotně inženýrské stavby 30: stokování*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998, 149 s. ISBN 80-010 1729-X., Čížek, Pavel, František Herel a Zdeněk Koníček. *Stokování a čištění odpadních vod*. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1970. 400 s.
21. PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 4. aktualiz. vyd. Praha: VŠCHT, 2009, viii, 579 s. ISBN 978-80-7080-701-9.
22. PUMPRLOVÁ NĚMCOVÁ, M. Intenzifikace kořenové čistírny odpadních vod pro 850 EO. In *Sborník abstraktů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2017. s. 1-8. ISBN: 978-80-214-5462-0.
23. SONG, Z., ZHENG, Z., LI, J., SUN, X., 2006. Seasonal and annual performance of a full-scale constructed wetland system for sewage treatment in China. *Ecol. Eng.* 26, 272–282.
24. ŠÁLEK, J., MALÝ, J., Čistící procesy ve stabilizačních nádržích využívaných k čištění odpadních vod v krajině, příspěvek na konferenci *Krajina, meliorace a vodní hospodářství na přelomu tisíciletí*, VUT, MZLU, ICID, Brno, 1999
25. ŠÁLEK, J.: *Vodní hospodářství krajiny I.* (1997). Scriptum, depon in FAST VÚT Brno, 151 s.
26. ŠÁLEK, Jan a Václav TLAPÁK. *Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2006, 283 s. : il. ISBN 80-86769-74-7.
27. ŠÁLEK, Jan, Zdenka ŽÁKOVÁ a Petr HRNČÍŘ. *Přírodní čištění a využívání vody v rodinných domech a rekreačních objektech*. Praha: Era group, 2008, viii, 115 s. : il. (některé barev.). ISBN 978-80-7366-125-0.
28. ŠÁLEK, Jan. *Malé vodní nádrže v životním prostředí*. Praha: MŽP, 1996, 141 s. ISBN 8070783702.
29. ŠÁLEK, Jan. *Voda v domě a na chatě: využití srážkových a odpadních vod*. Praha: Grada, 2012, 144 s. : il. (některé barev.) ; 21 cm. ISBN 978-80-247-3994-6.
30. TUNCSIPER, B., DRIZO, A., TWOHIG, E., 2015. Constructed wet-lands as a potential management practice for cold climate dairy effluent treatment -VT, USA. *Catena* 135, 184–192.
31. VOTOUPAL, Bohuslav. *Zpracování čistírenských kalůna ČOV metodou intenzivního kompostování na technický substrát*. České Budějovice, 2009.
32. VYMAZAL, J., 2001. Constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic. *Water Sci. Technol.* 44 (11–12), 369–374.
33. VYMAZAL, J., Constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic: the first 5 years experience, *Water Science Technology*, 24, 159-164.1996.
34. VYMAZAL, J.: *Kořenové čistírny odpadních vod*. ENKKI, Třeboň, 2004, 14 str.
35. VYMAZAL, Jan. Constructed wetlands for wastewater treatment. *Ecological Engineering*. 2005, 25, 5. DOI: 27708-0333.
36. VYMAZAL, Jan. *Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách*. Třeboň: ENVI, 1995, 147 s., [22] s. il. příl.

37. VYMAZAL, Jan. Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment: Review. *Ecological Engineering*. 2005, 2005(2), 478–490. ISSN 0925-8574.)
38. VYMAZAL, Jan. *Kořenové čistírny odpadních vod: Dvacet let zkušeností v České republice*, Vodní hospodářství 4/2009, str. 113–118.
39. ZHAO, Y. J., LI, J.H., WANG, Z.F., YAN, C., WANG, S.B., ZHANG, J.B. (2012) Influence of the plant development on microbial diversity of vertical-flow constructed wetlands.

INTERNETOVÉ ZDROJE

40. *Jak funguje mechanická čistírna odpadních vod* [online]. , 1 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: http://www.cisticka.info/potrebuji-chci-cisticku/jak-funguje-mechanicka-cisticka-odpadnich-vod/?utm_source=copy&utm_medium=paste&utm_campaign=copypaste&utm_content=http%3A%2F%2Fwww.cisticka.info%2Fpotrebuji-chci-cisticku%2Fjak-funguje-mechanicka-cisticka-odpadnich-vod%2F
41. KRIŠKA, Michal a Miroslava NĚMCOVÁ. *Kořenové čistírny: rekapitulace a budoucnost v České republice* [online]. , 25 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://vodnihospodarstvi.cz/korenove-cistirny/>
42. MLEJNSKÁ EVA. *Biologické nádrže využívané k čištění a dočišťování odpadních vod* [online]. , 10 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/356.biologicke-nadrze-vyuzivane-k-cisteni-a-docistovani-odpadnich-vod>
43. *Rekonstrukce a přístavba kořenové čistírny odpadních vod v obci Kotenčice* [online]. , 1 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.dekonta.cz/sluzby-a-produkty/korenove-cistirny-odpadnich-vod/kcov-pro-cisteni-komunalnich-odpadnich-vod/>
44. *Rostliny pro kořenovou čistírnu* [online]. , 1 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.cisticka.info/potrebuji-chci-cisticku/rostliny-pro-korenovou-cisticku/>
45. ŠÁLEK, Jan, Michal KRIŠKA, oldřich PÍREK a Miloš ROZKOŠNÝ. *Vegetační kořenové čistírny* [online]. , 10 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/10058-vegetacni-korenove-cistirny>
46. VYMAZAL, Jan. *Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách* [online]. , 4 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.ceskaenergetika.cz/index.php?page=page&art=1024>
47. VYMAZAL, Jan. *Desinfekce a hygienická zabezpečení vody* [online]. , 8 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://drive.google.com/file/d/0B5wE--WOjTghTUxWk95T1NmVEk/edit>
48. *Význam mokřadních rostlin v procesu čištění* [online]. , 5 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.korenova-cisticka.cz/o-korenovkach/fungovani/Korenova-cisticka%E2%80%93korenova-cisticka%E2%80%93rostliny-pro-korenovou-cisticku.html>

LEGISLATIVA A NORMY

49. ČSN 75 6402. *Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel*. Praha:český normalizační institut, 1998.
50. ČSN EN 12566-5. *Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel*. Brusel: Evropský výbor pro normalizaci, 2008.
51. Nařízení vlády č. 401/2015. In: *Sb. O ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech*, 2015
52. ČSN 75 6402. *Čistírny odpadních vod pro více než 500 ekvivalentních obyvatel*. Praha:český normalizační institut, 2006.

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Předpokládané čistící účinnosti (Vymazal, 1995).....	20
Tab. 2 Emisní standardy: přípustné hodnoty (p), maximální hodnoty (m) a hodnoty průměru koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l dle NV č. 401/2015 Sb.	20
Tab. 3 Ukazatele a emisní standardy pro odpadní vody vypouštěné z jednotlivých staveb pro bydlení a rodinnou rekreaci dle NV č. 57/2016 Sb.	21

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Vývoj KČOV v České republice.....	5
Obr. 2 Plán intenzifikace KČOV Dražovice	7
Obr. 3 Plán intenzifikace KČOV Kotečnice	8
Obr. 4 Plán intenzifikace KČOV Velká Jesenice.....	9
Obr. 5 Horizontální filtrační pole (HF)	14
Obr. 6 Vertikální pulzně zkrápěné filtrační pole (VF)	15
Obr. 7 Stabilizační nádrž (zdroj old.braunstein.cz).....	16
Obr. 8 Rákos Obecný (<i>Phragmites Australis</i>) (zdroj botanika.wendys.cz).....	18
Obr. 9 Chrástice Rákosovitá (<i>Phalaris Arundinacea</i>) (zdroj luzs.cz).....	18
Obr. 10 Orobinec Širokolistý (<i>Typha latifolia</i>) (zdroj zahrada-cs.com)	19
Obr. 11 Kosatec Žlutý (<i>Iris Pseudacorus</i>) (zdroj jezirkanaklic.cz)	19
Obr. 12 Mapa obce Biskoupky (zdroj mapy.cz)	27
Obr. 13 Mapa průměrného ročního úhrnu v ČR (zdroj ČHMÚ)	27
Obr. 14 Mapa průměrných ročních teplot v ČR (zdroj ČHMÚ).....	28
Obr. 15 Geologická mapa (zdroj mapy.geology.cz)	28

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

KČOV ...	KOŘENOVÁ ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD
BSK ₅ ...	BIOCHEMICKÁ SPOTŘEBA KYSLÍKU
CHSK _{Cr} ...	CHEMICKÁ SPOTŘEBA KYSLÍKU
NL ...	NEROZPUŠTĚNÉ LÁTKY
P _{CELK} ...	CELKOVÝ FOSFOR
N _{CELK} ...	CELKOVÝ DUSÍK
ZPF ...	ZEMĚDĚLSKÝ PŮDNÍ FOND
HF ...	HORIZONTÁLNÍ FILTR
ČR ...	ČESKÁ REPUBLIKA
EO ...	EKVIVALENTNÍ OBYVATEL
ČOV ...	ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD
ČSN ...	ČESKÁ STÁTNÍ NORMA
NV ...	NAŘÍZENÍ VLÁDY
OV ...	ODPADNÍ VODA
PP-H ...	POLYPROPYLEN
ZD ...	VERTIKÁLNÍ FILTR
RŽP ...	RESOR ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
PVC ...	POLYVINYLCHLORID
KGB ...	KORUGOVANÉ

SEZNAM PŘÍLOH

Fotodokumentace stávajícího stavu

Varianta I – Schéma řešení

Varianta I – 3D Vizualizace

Varianta I – Orientační kalkulace nákladů

Varianta II A (stávající usazovací nádrž) – Schéma řešení

Varianta II A – 3D Vizualizace

Varianta II B (2. septik) – Schéma řešení

Varianta II B – 3D Vizualizace

Varianta II – Orientační kalkulace nákladů

Varianta III A (Stabilizační dočišťovací nádrž) – Schéma řešení

Varianta III A – 3D Vizualizace

Varianta III B (Třetí horizontální pole) – Schéma řešení

Varianta III B – 3D Vizualizace

Varianta III – Orientační kalkulace nákladů

PŘÍLOHY

FOTODOKUMENTACE STÁVAJÍCÍHO STAVU

POHLED NA KOŘENOVOU ČISTÍRNU BISKOUPKY



MECHANICKÉ PŘEDČIŠTĚNÍ – JEMNÉ ČESLE, USAZOVACÍ NÁDRŽ (SEPTIK)



KOŘENOVÉ FILTRAČNÍ POLE SE ZVROSTLOU VEGETACÍ RÁKOSU OBECNÉHO



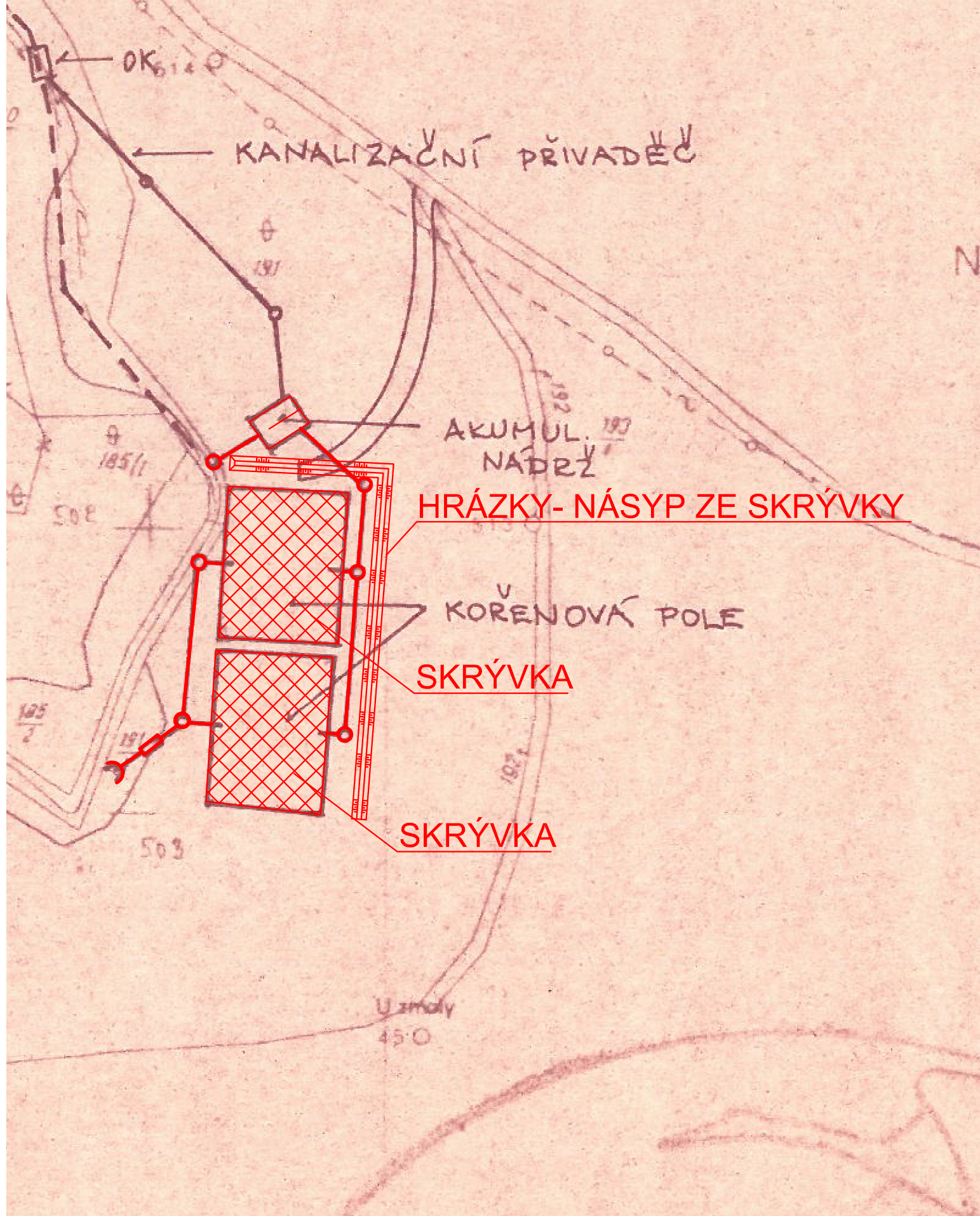
MĚRNÝ ŽLAB NA ODTOKU Z KČOV



VARIANTA I

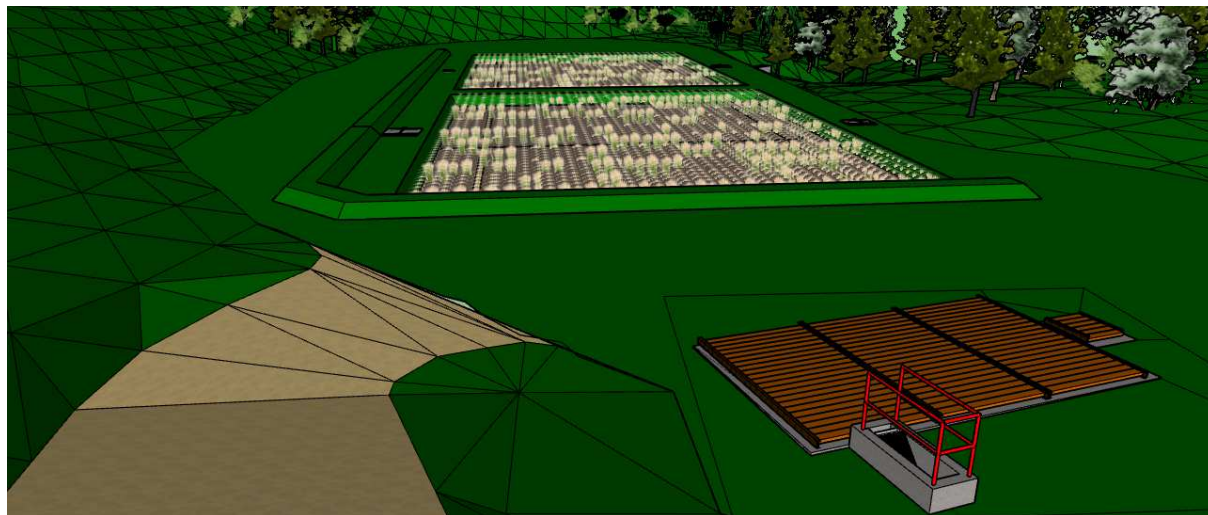
Biskoupky

VARIANTA I - SCHÉMA ŘEŠENÍ

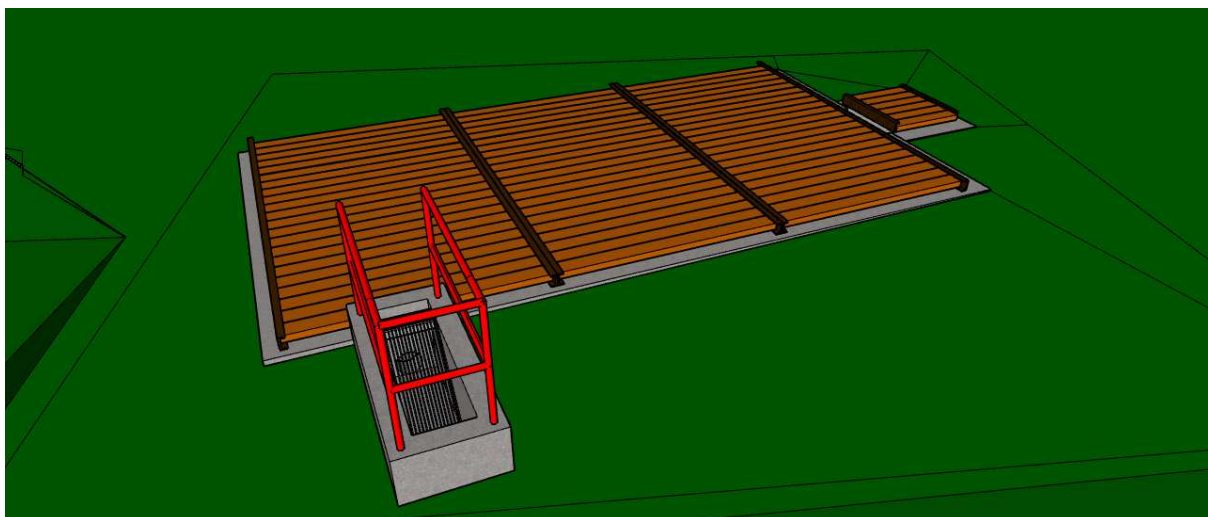


3D VIZUALIZACE

POHLED NA KČOV BISKOUPKY, CHRÁNĚNOU OCHRANÝMI HRÁZKAMI,
Z PŘÍJEZDOVÉ ZPEVNĚNÉ KOMUNIKACE



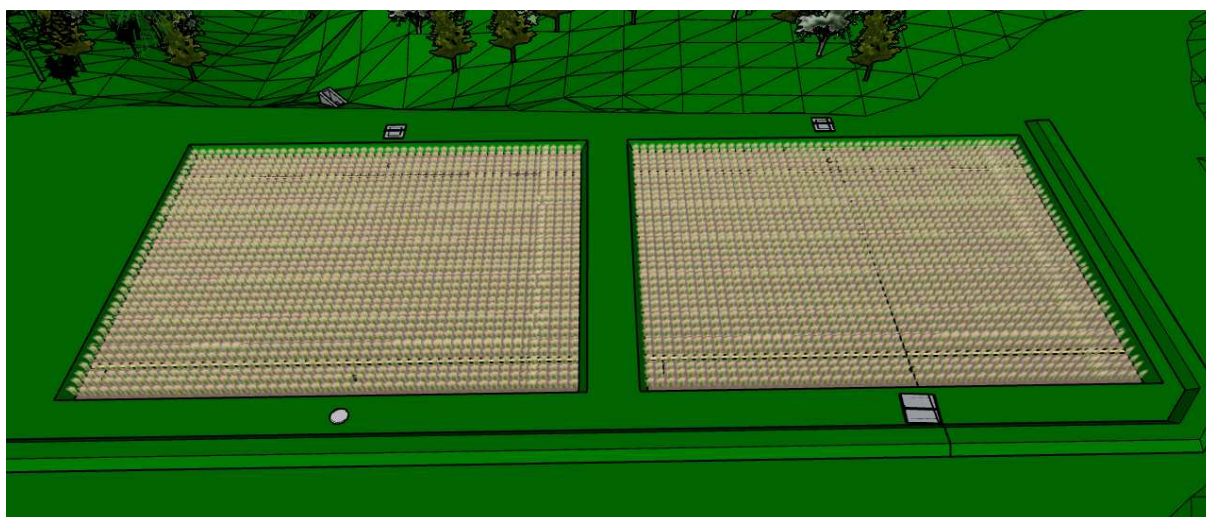
MECHANICKÉ PŘEDČIŠTĚNÍ – RUČNĚ STÍRANÉ JEMNÉ ČESLE A STÁVAJÍCÍ
USAZOVACÍ NÁDRŽ



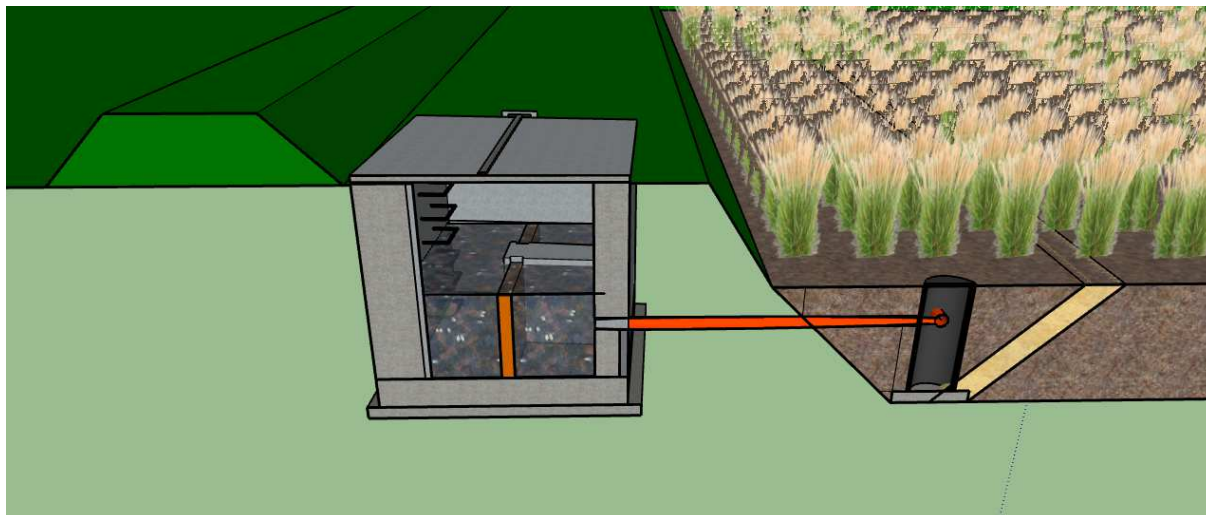
DETAIL USAZOVACÍ NÁDRŽE



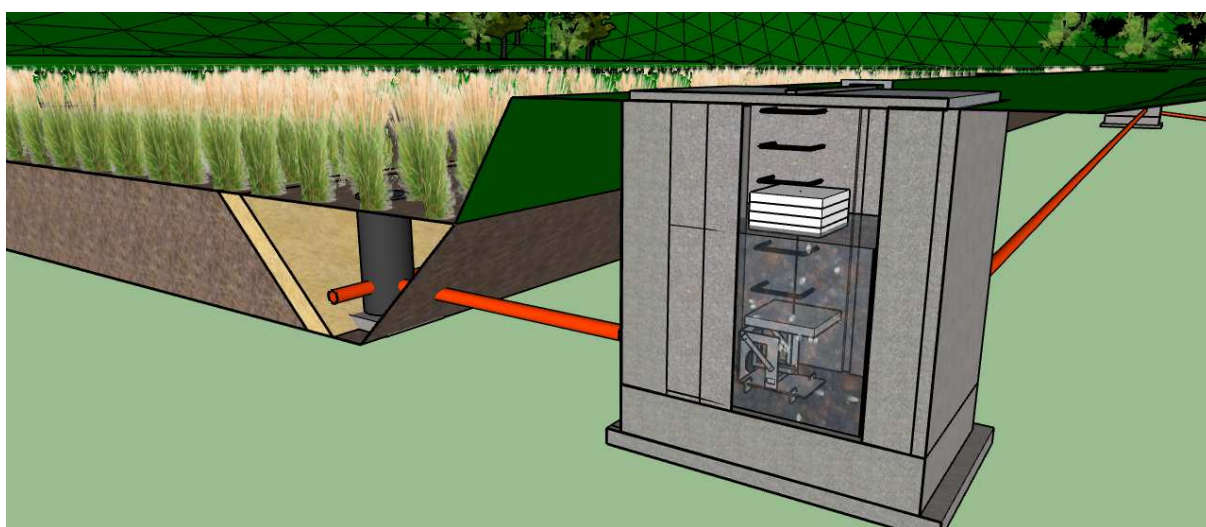
POHLED NA DVĚ HORIZONTÁLNÍ POLE OSÁZENÉ MOKŘADNÍ VEGETACÍ A OCHRANNÉ HRÁZKY CHRÁNÍCÍ HORIZONTÁLNÍ POLE



DETAIL ROZDĚLOVACÍ ŠACHTY A ROZVODNÉHO POTRUBÍ V HORIZONTÁLNÍM FILRU



DETAIL NA SBĚRNÉ POTRUBÍ A ŠACHTU OSAZENOU PULZNÍM VYPOUŠTĚČEM KORIGUJÍCÍ VÝŠKU HLADINY V HORIZONTÁLNÍM FILTRU



VARIANTA I - ORIENTAČNÍ KALKULACE NÁKLADŮ

PŘEDBĚŽNÝ PRŮZKUM	Počet hodin/ Množství materiálu	Cena za hodinu/ množství (s DPH)	Cena
Zkosení a úklid filtračního pole	20 h	80 Kč	1600 Kč
Zjištění stavu funkčnosti horizontálních polí	5 h	80 Kč	400 Kč
Další potřebné průzkumy a měření			2000 Kč
CELKEM			4000 Kč
INVESTIČNÍ NÁKLADY			
ZEMNÍ PRÁCE:			
Skrývka zakolmatované vrtvy	15 h	1000 Kč/h	15000 Kč
Přesun filtračního materiálu	5 h	1000 Kč/h	5000 Kč
Vytvoření ochranných hrázek	10 h	1000 Kč/h	10000 Kč
Navezení nové vrstvy filtračního materiálu	10 h	1000 Kč/h	10000 Kč
MATERIÁLY FILTRAČNÍHO POLE:			
Štěrka praný 8/16 (objem.hmot. 2,55 t/m ³)	70 m ³		
	178.5 t	280 Kč/t	49980 Kč
Potrubí DN 110	40 m	100 Kč/m	4000 Kč
Pulzní vypouštěče AS-pulz	2 ks	8000 Kč/ks	16000 Kč
Mokřadní rostliny	2000 ks	10 Kč/ks	20000 Kč
DALŠÍ NÁKLADY:			
Doprava štěrku	40 km	40 Kč/km	1600 Kč
	25 t	1 auto s návěsem	11424 Kč
Úprava šachet	10 h	80 Kč/h	800 Kč
Manuální práce	80 h	80 Kč/h	6400 Kč
CELKEM			150204 Kč
PROVOZNÍ NÁKLADY NA 1 ROK:			
Kosení vegetace na filtračních polích	20 h	80 Kč/h	1600 Kč
Odstranění kalu z nádrže	3 ročně	3000 Kč/přerpání	9000 Kč
Údržba a provoz	400 h	80 Kč/h	32000 Kč
CELKEM			42600 Kč
KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ:			
Zemní práce (mechanické stroje):			
Výkopy a násypy	20 h	1000 Kč/h	20000 Kč
Materiál:			
PVC folie	90 m ²	5500 Kč/30m ²	16500 Kč
Geotextilie	180 m ²	23 m ²	4140 Kč
Potrubí DN 40	80 m	25 Kč/m	2000 Kč
Tvarovky	20 ks	15 Kč/ks	300 Kč
Rostliny	250 ks	10 Kč/ks	2500 Kč
Další náklady:			
Manuální práce	40 h	80 Kč/h	3200 Kč
CELKEM			48640 Kč
INVESTICE BEZ NOVÉ NÁPLNĚ HORIZONTÁLNÍHO FILTRU, BEZ KALOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ			135400 Kč
INVESTICE S NOVOU NÁPLNÍ HORIZONTÁLNÍHO FILTRU, BEZ KALOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ			196804 Kč
INVESTICE BEZ NOVÉ NÁPLNĚ HORIZONTÁLNÍHO FILTRU, S KALOVÝM HOSPODÁŘSTVÍM			182440 Kč
INVESTICE S NOVOU NÁPLNÍ HORIZONTÁLNÍHO FILTRU, S KALOVÝM HOSPODÁŘSTVÍM			245444 Kč

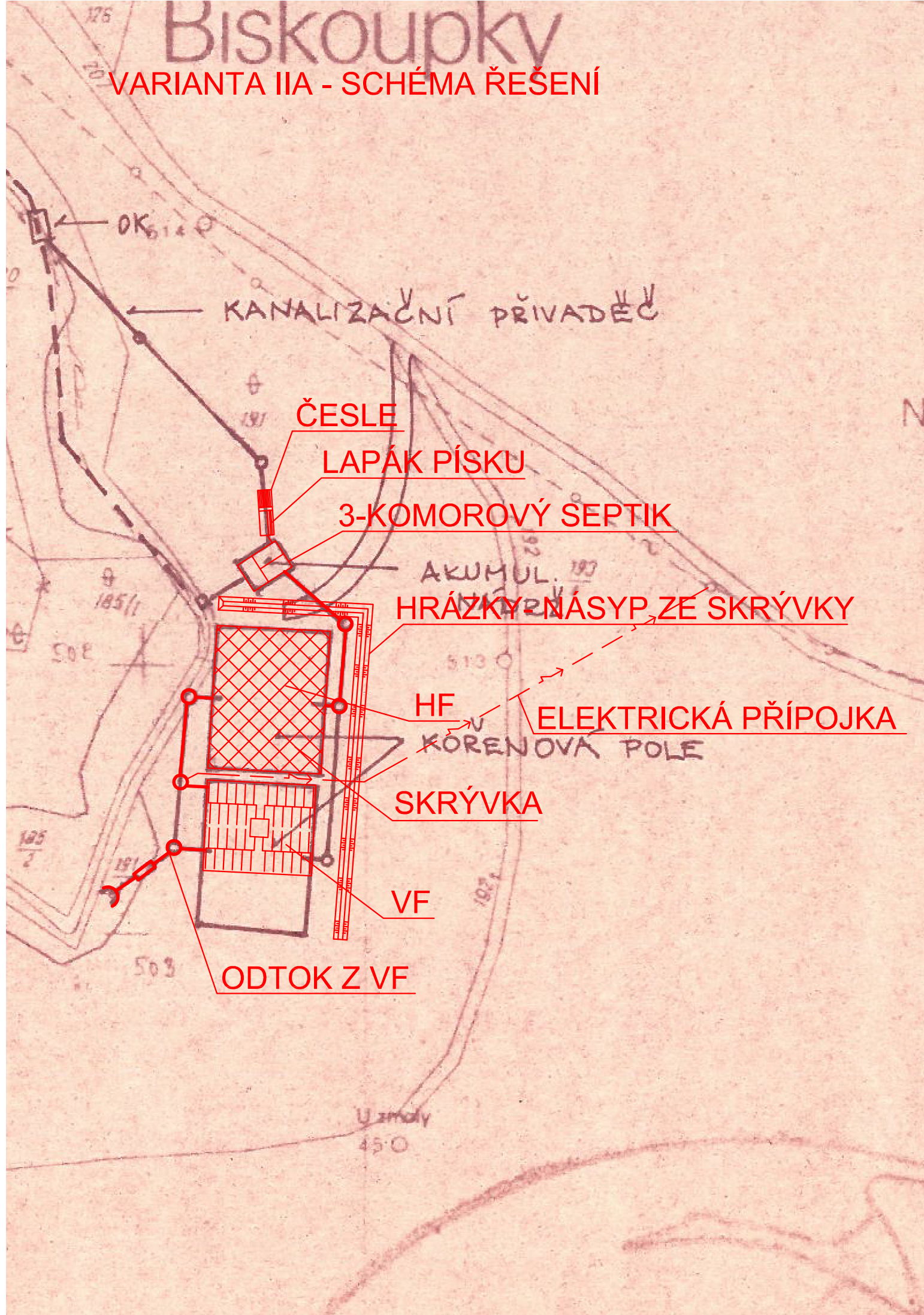
VARANTA II

VARIANTA II A – STÁVAJÍCÍ USAZOVACÍ NÁDRŽ

VARIANTA II B – 2. SEPTIK

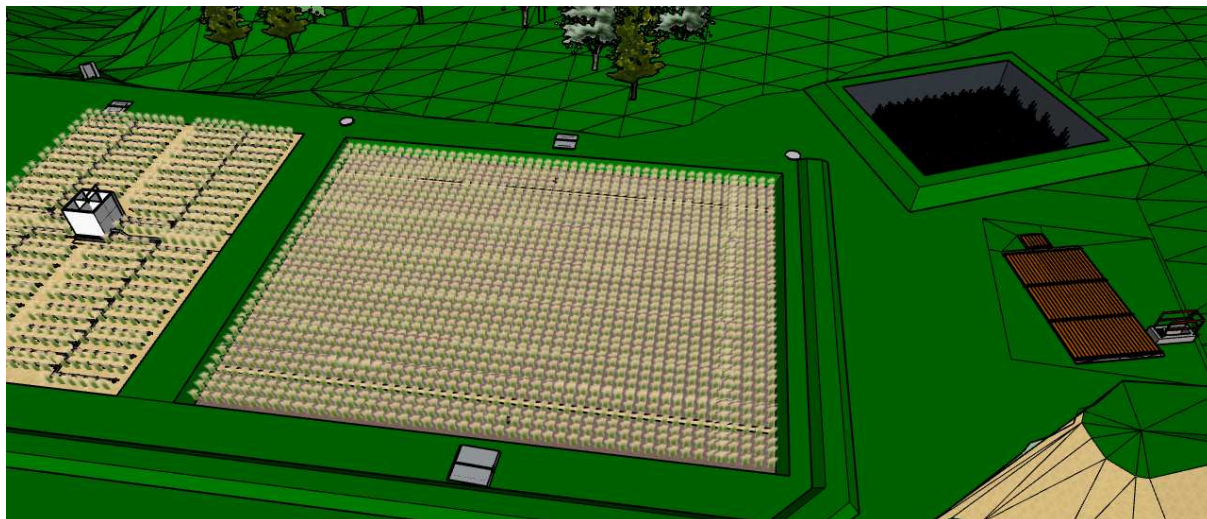
Biskoupky

VARIANTA IIA - SCHÉMA ŘEŠENÍ



3D VIZUALIZACE VARIANTA II A

POHLED NA VARIANTU II A – STÁVAJÍCÍ USAZOVACÍ NÁDRŽ; ZMĚNA DRUHÉHO HORIZONTÁLNÍHO POLE NA VETRIKÁLNÍ PULZNĚ ZKRÁPĚNÉ POLE



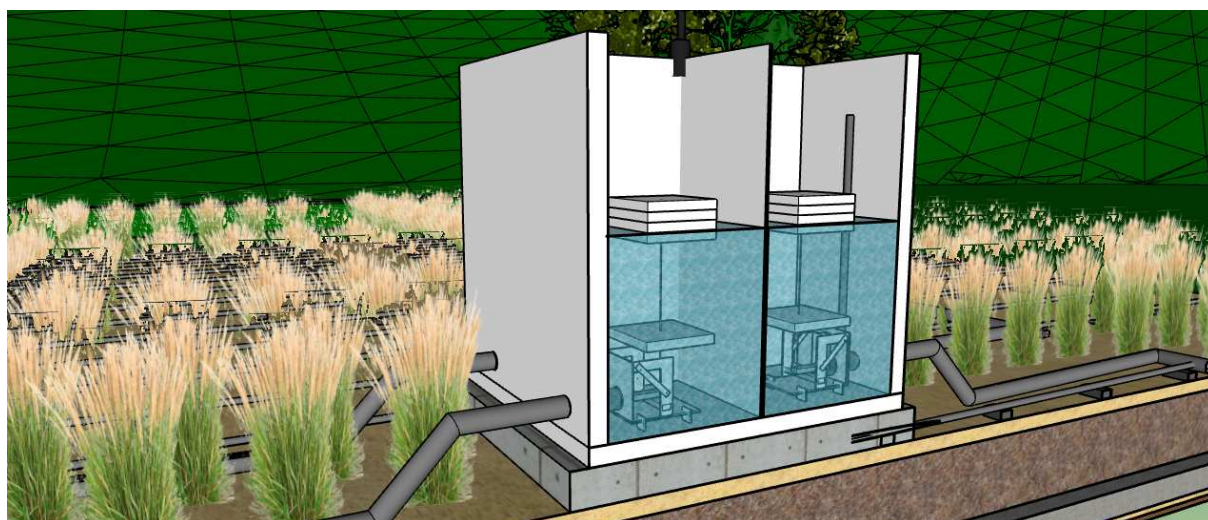
VERTIKÁLNÍ PULZNĚ ZKRÁPĚNÉ POLE S PULZNÍ ŠACHTOU A ROZVODNÝM POTRUBÍM Z PP-H



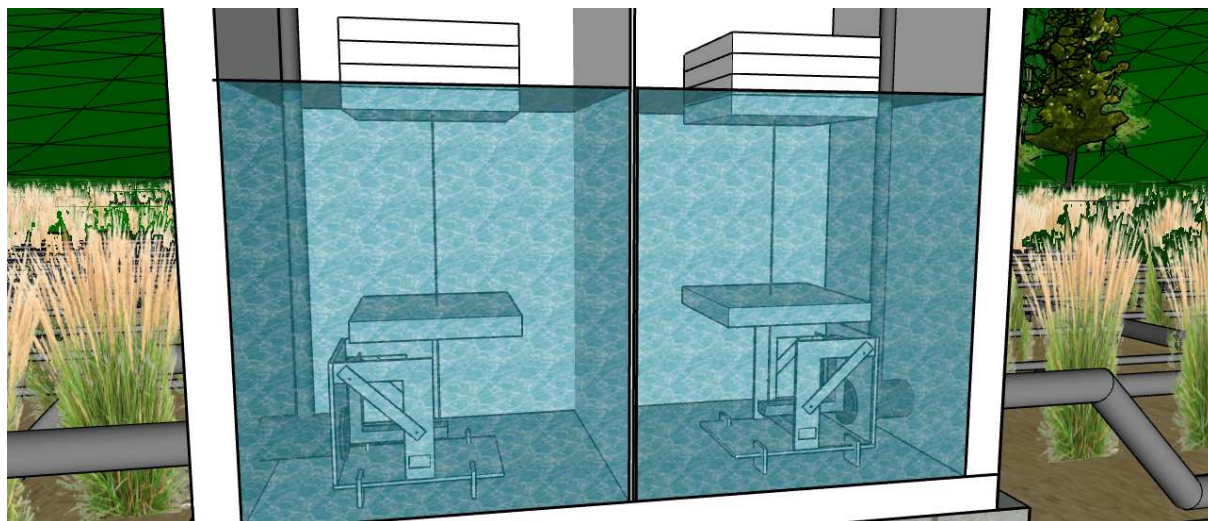
DETAIL NA VERTIKÁLNÍ PULZNĚ ZKRÁPĚNÉ POLE; SKLADBA FILTRAČNÍ VRSTVY



DETAIL PULZNÍ ŠACHTY ZE SVAŘOVANÉHO PVC, ROZDĚLENOU NA ČTYŘI ČÁSTI, KÁŽDÁ Z ČÁSTÍ OSAZENÁ PULZNÍM VYPOUŠTĚČEM; PŘÍVOD ODPADNÍ VODY NA PROSTŘEDEK ŠACHTY



DETAIL PULZNÍHO VYPOUŠTĚČE

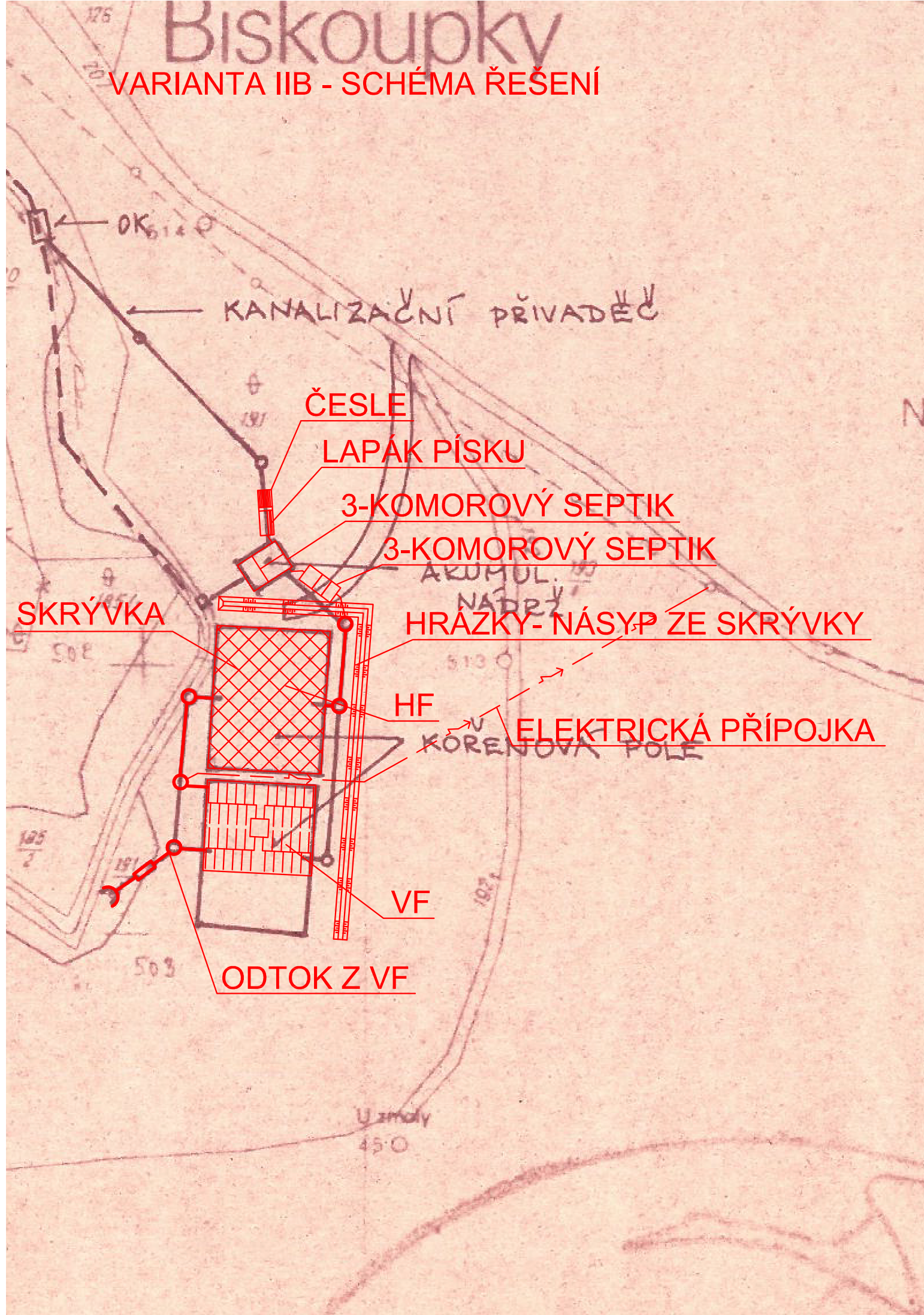


DETAIL ROZVODNÉHO POTRUBÍ DN 40 A PŘÍVODNÍ POTRUBÍ DN 110, POTRUBÍ ULOŽENO NA ZÁMKOVÉ DLAŽBĚ



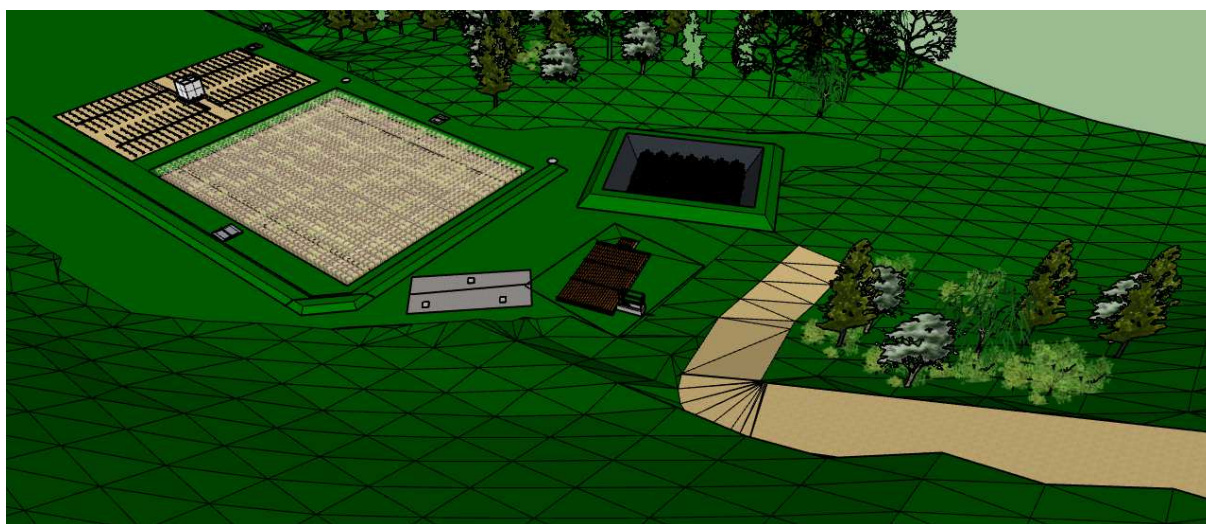
Biskoupky

VARIANTA IIB - SCHÉMA ŘEŠENÍ

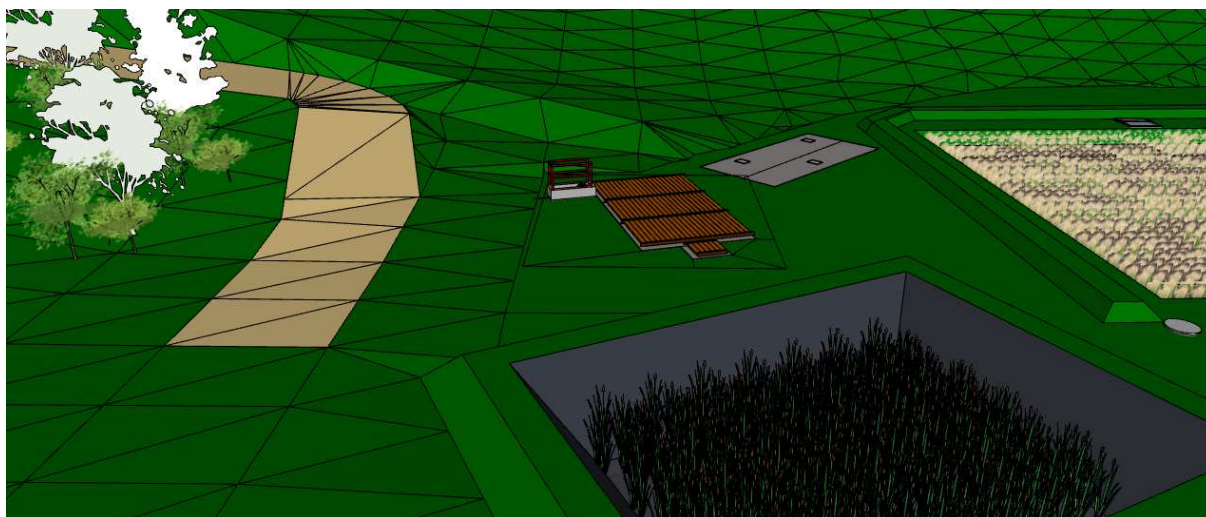


3D VIZUALIZACE VARIANTA II B

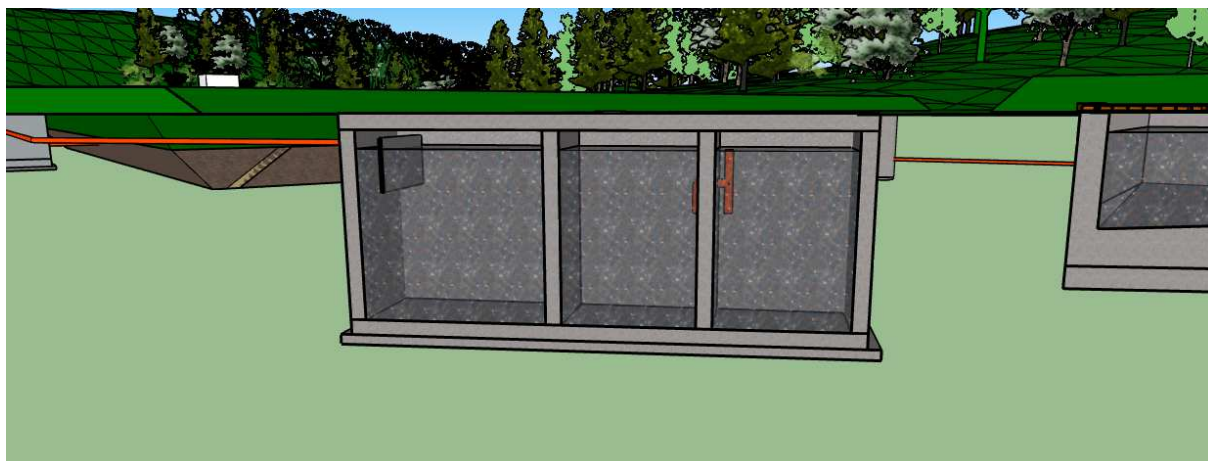
POHLED NA VARIANTU II B – 2.SEPTIK, ZAŘAZENÝ DO SERIE ZA STÁVAJÍCÍ
USAZOVACÍ NÁDRŽ (SEPTIK)



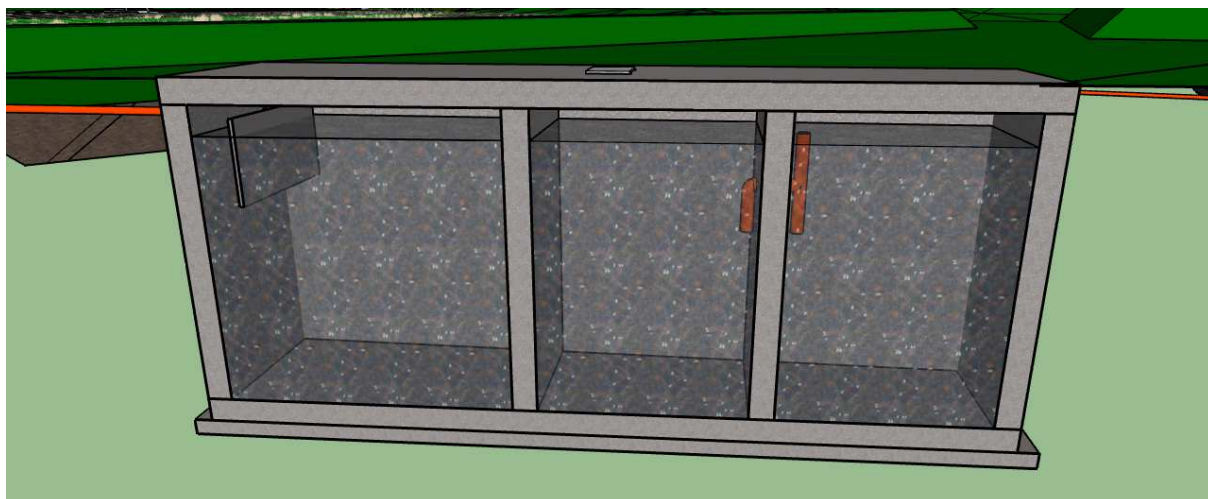
ZMĚNA TRASY PŘÍJEZDOVÉ KOMUNIKACE Z DŮVODU UMÍSTĚNÍ 2. SEPTIKU A
PŘÍPADNÉ UMÍSTĚNÍ KALOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ



ŘEZ 2. SEPTIKEM, KTERÝ JE ŘEŠEN JAKO TŘÍKOMOROVÝ MONOLITICKÝ SEPTIK, NÁVRHOVÁ DOBA ZDRŽENÍ 3 DNY



DETAIL SEPTIKU; PŘECHOD MEZI KOMORAMI ZAJIŠTĚN POTRUBÍM Z PVC



VARIANTA II - ORIENTAČNÍ KALKULACE NÁKLADŮ

PŘEDBĚŽNÝ PRŮZKUM	Počet hodin/ Množství	Cena za hodinu/ množství (s DPH)	Cena
Zkosení a úklid filtračního pole	20 h	80 Kč	1600 Kč
Zjištění stavu funkčnosti horizontálních polí	8 h	80 Kč	640 Kč
Stav akumulační/usazovací nádrže	8 h	100 Kč	800 Kč
Další potřebné průzkumy a měření			5000 Kč
CELKEM			8040 Kč
INVESTIČNÍ NÁKLADY			
Přívod elektřiny			
Vybudování elektrické přípojky			150000 Kč
Zemní práce:			
Skrývka zakolmatované vrtvy	20 h	1000 Kč/h	20000 Kč
Přesun filtračního materiálu	20 h	1000 Kč/h	20000 Kč
Vytvoření ochranných hrázek	16 h	1000 Kč/h	16000 Kč
Navezení nové vrstvy filtračního materiálu	16 h	2000 Kč/h	32000 Kč
Vybudování lapáku písku:			
Zemní práce	8 h	1000 Kč/h	8000 Kč
Betonový žlab			5000 Kč
Lapák písku z PE desek	10 m ²	2200 Kč/m ²	22000 Kč
Úprava akumulační nádrže:			
Vyčištění a odčerpání kalu	5 h	3000 Kč/přečerpání	15000 Kč
Manuální práce	20 h	80 Kč/h	1600 Kč
Oprava a ošetření stěn			3000 Kč
Vytvoření příček z PE desek	20 m ²	2200 Kč/m ²	44000 Kč
Materiál filtrační pole:			
Štěrka praný 4/8	75 m ³ 187.5 t	300 Kč/t	56250 Kč
Štěrka praný 0/4	200 m ³ 400 t	360 Kč/t	144000 Kč
Potrubí DN 110	40 m	100 Kč/m	4000 Kč
Potrubí DN 40	450 m	70 Kč/m	31500 Kč
Tvarovky - T-kus DN 110	100 ks	45 Kč/ks	4500 Kč
Tvarovky - redukce 110/40	100 ks	30 Kč/ks	3000 Kč
Šachta čerpací	1 ks		5000 Kč
Šachta rozdělovací Materiál	16 m ²	1400 Kč/m ²	22400 Kč
Zateplení	16 m ²	150 Kč/m ²	2400 Kč
Pulzní vypouštěče AS-pulz	2 ks	8000 Kč/ks	16000 Kč
Podkladní ŽB panel pod šachtu	1 ks	1500 Kč/ks	1500 Kč
Zámková dlažba pod potrubí	500 ks	8 Kč/ks	4000 Kč
Mokřadní rostliny	2000 ks	10 Kč/ks	20000 Kč
Čerpadlo	1 ks	12000 Kč/ks	12000 Kč
Časovač	1 ks	400 Kč/ks	400 Kč
Hadice	30 m	30 Kč/m	900 Kč

	Počet hodin/ Množství	Cena za hodinu/ množství (s DPH)	Cena
Septik:			
Zemní práce	5 h	3000 Kč/h	15000 Kč
Podkladní beton C 16/20	11 m ³	2000 Kč/m ³	22000 Kč
Beton C 30/37	64 m ³	2600 Kč/m ³	166400 Kč
Potrubí DN 110	15 m	100 Kč/m	1500 Kč
T-kus DN 110	2 ks	45 Kč/ks	90 Kč
Koleno DN 110	2 ks	45 Kč/ks	90 Kč
Poklop 600/600	3 ks	3775 Kč/ks	11325 Kč
Manuální práce	200 h	80 Kč/h	16000 Kč
Doprava betonové směsy	90 km	84 Kč/km/9m ³	7560 Kč
Bednění	112 dny	9 Kč/den	18144 Kč
Výztuž	1530 m	13 Kč/m	19890 Kč
Další náklady:			
Doprava štěrku	40 km	40 Kč/km	1600 Kč
	25 t	1 auto s návěsem	37600 Kč
Úprava šachet	16 h	80 Kč/h	1280 Kč
Manuální práce	250 h	80 Kč/h	20000 Kč
CELKEM			1002929 Kč
PROVOZNÍ NÁKLADY NA 1 ROK:			
Kosení vegetace na filtračních polích	20 h	80 Kč/h	1600 Kč
Odstranění kalu z nádrže	3 ročně	3000 Kč/přerpání	9000 Kč
Spotřeba elektrické energie			2000 Kč
Údržba a provoz	400 h	80 Kč/h	32000 Kč
CELKEM			44600 Kč
KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ:			
Zemní práce (mechanické stroje):			
Výkopy a náspy	20 h	1000 Kč/h	20000 Kč
Materiál:			
PVC folie	90 m ²	5500 Kč/30m ²	16500 Kč
Geotextilie	180 m ²	23 m ²	4140 Kč
Potrubí DN 40	80 m	25 Kč/m	2000 Kč
Tvarovky	20 ks	15 Kč/ks	300 Kč
Rostliny	250 ks	10 Kč/ks	2500 Kč
Další náklady:			
Manuální práce	40 h	80 Kč/h	3200 Kč
CELKEM			48640 Kč
INVESTICE REKONSTRUKCE HF, NOVÝ VF, BEZ NOVÉHO SEPTIKU			826210 Kč
INVESTICE REKONSTRUKCE HF, NOVÝ VF, NOVÝ SEPTIK			101280 Kč

VARANTA III

VARIANTA III A – STABILIZAČNÍ DOČIŠŤOVACÍ NÁDRŽ

VARIANTA III B – 3. HORIZONTÁLNÍ POLE

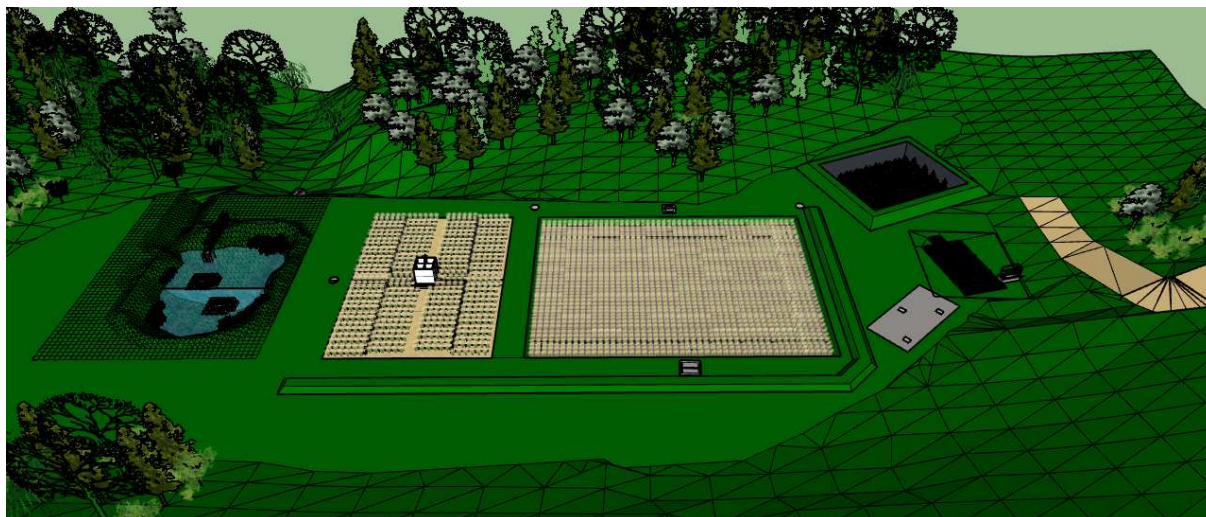
Biskoupky

VARIANTA IIIA - SCHÉMA ŘEŠENÍ

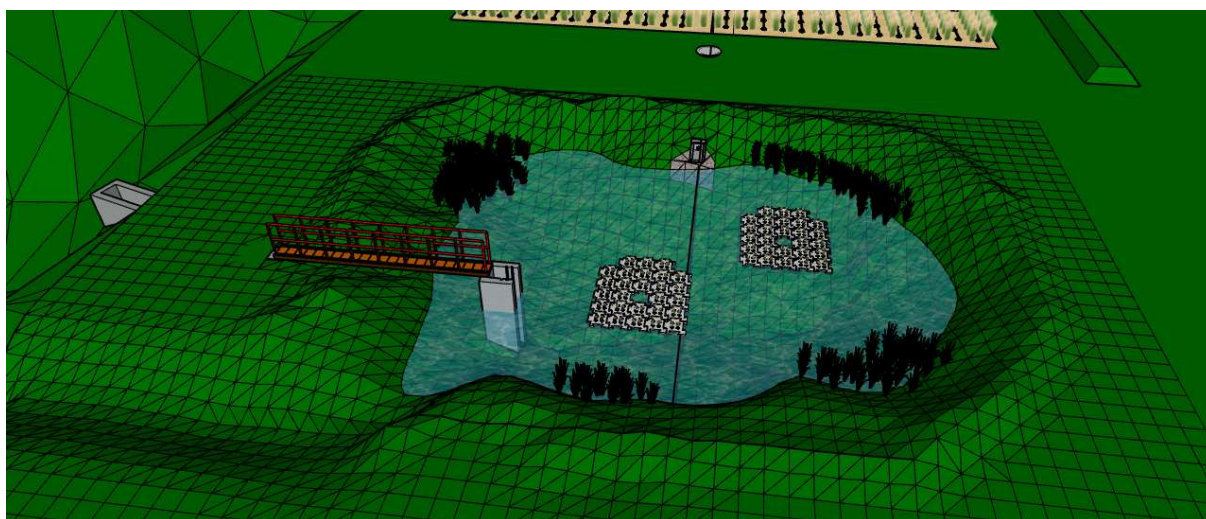


3D VIZUALIZACE VARIANTA III A

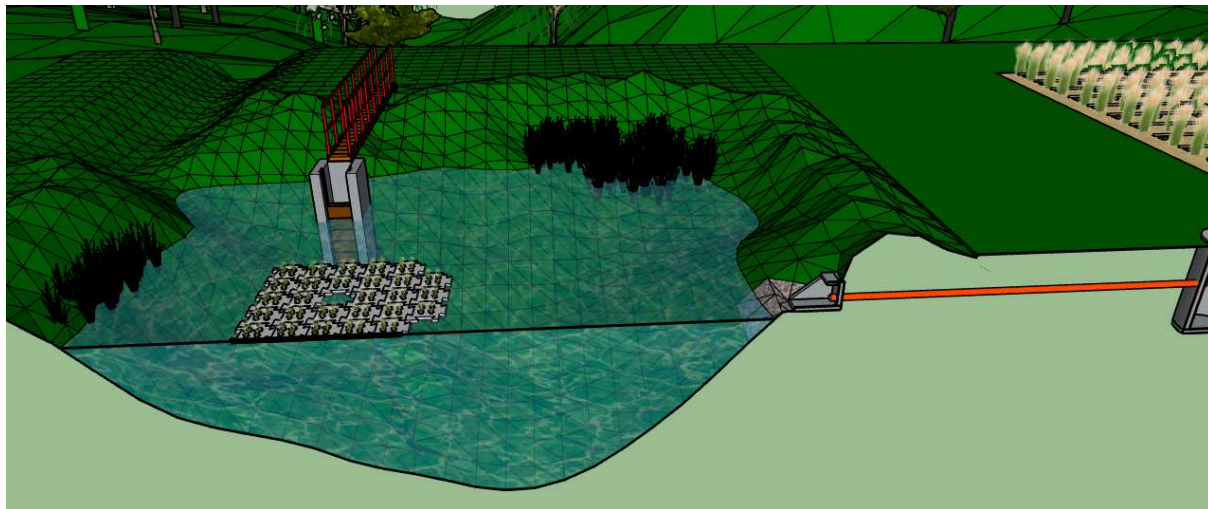
POHLED NA VARIANTU III A – STABILIZAČNÍ DOČIŠŤOVACÍ NÁDRŽ



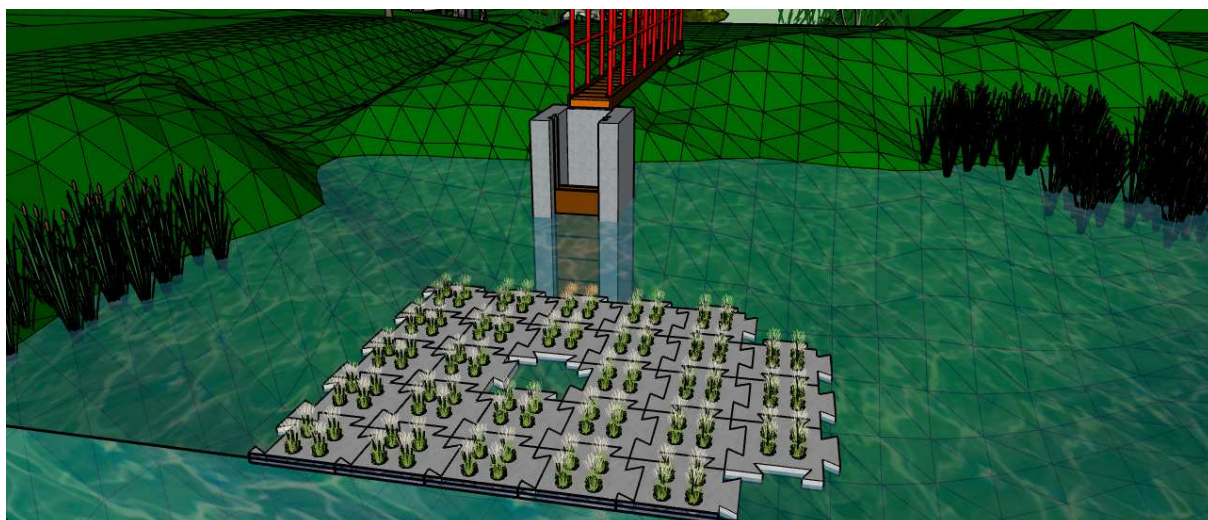
POHLED NA STABILIZAČNÍ NÁDRŽ S MOKŘADNÍ VEGETACÍ, PLOVOUCÍMI OSTROVY A OTEVŘENÝM POŽERÁKEM



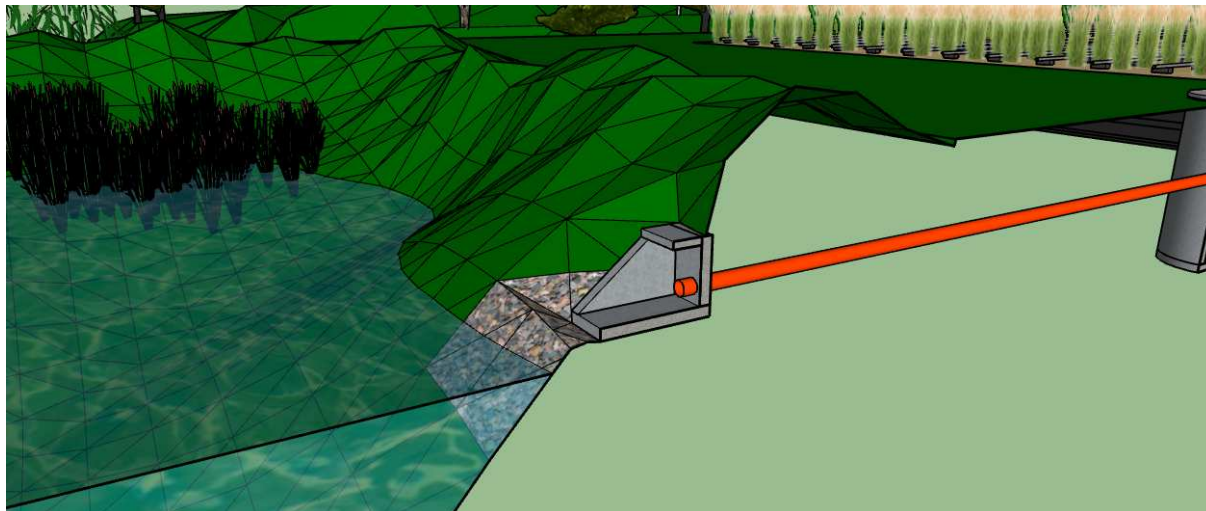
ŘEZ STABILIZAČNÍ NÁDRŽÍ; PŘÍVOD VODY Z VERTIKÁLNÍHO FILTRU



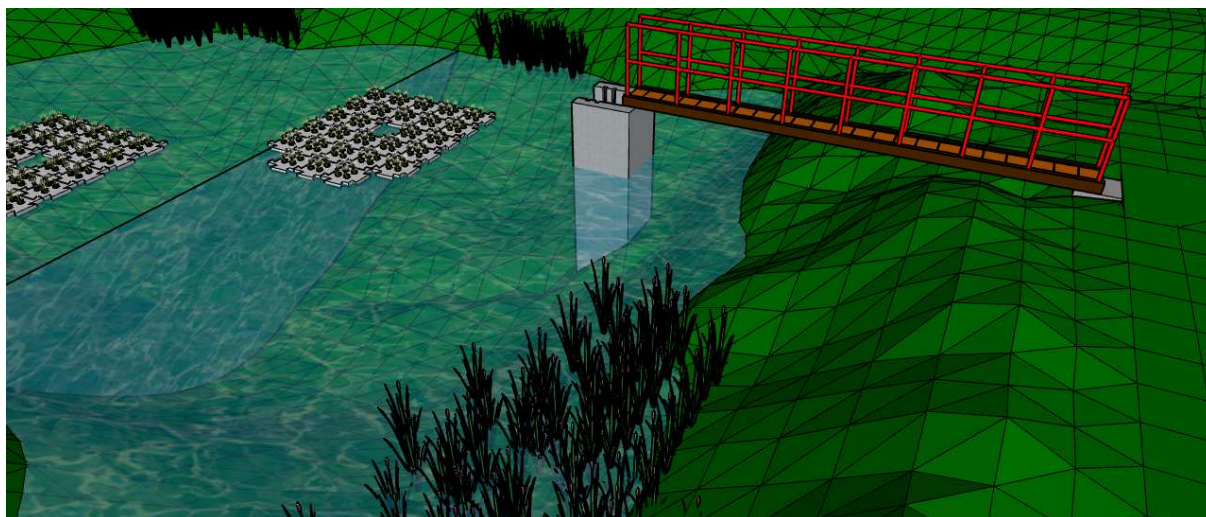
DETAIL PLOVOUCÍHO OSTROVU



DETAIL VÝTOKOVÉHO POTUBÍ; VÝTOK DO NÁDRŽE OPEVNĚN KAMENIVEM

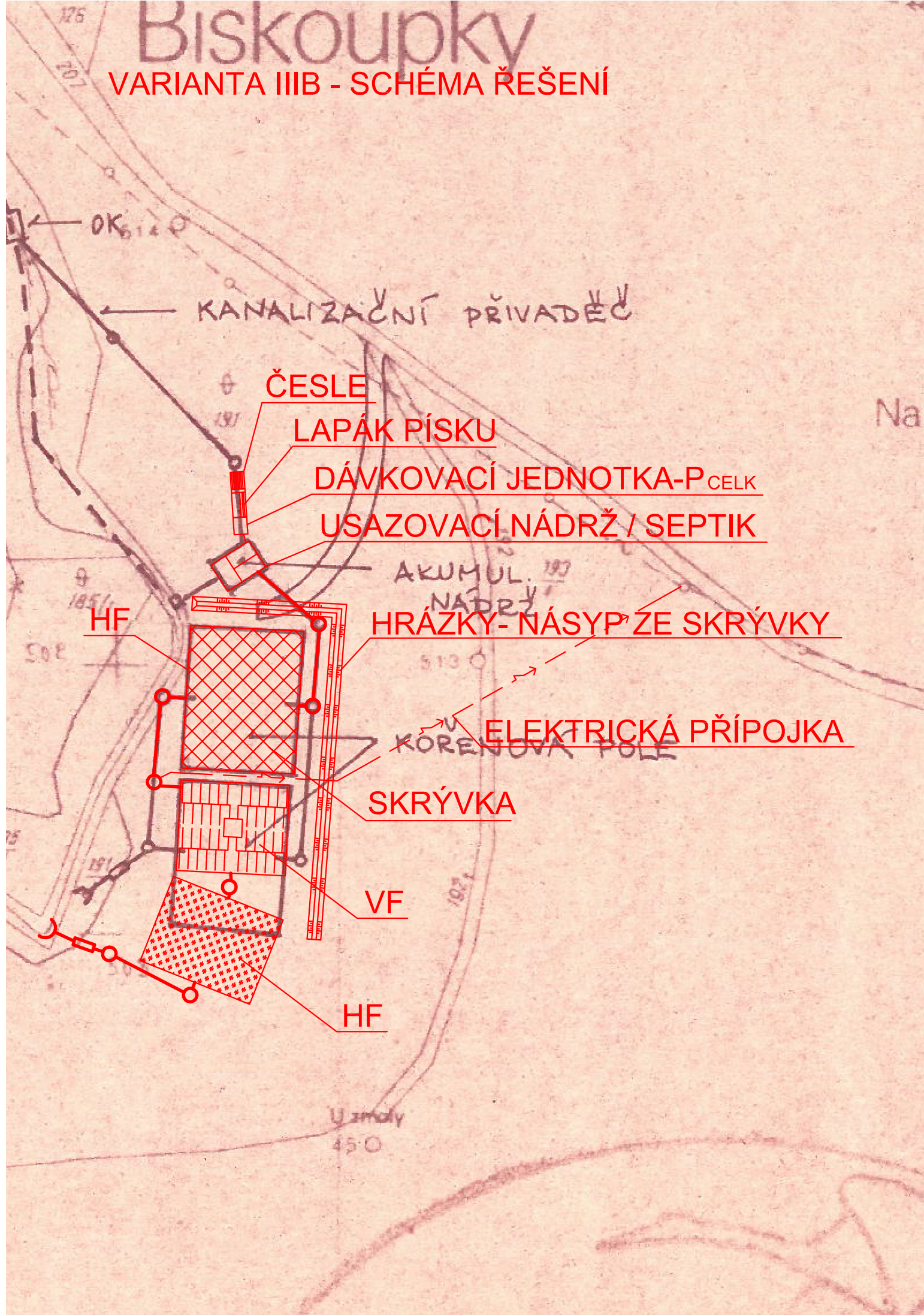


POHLED NA OTEVŘENÝ POŽERÁK S LÁVKOU SE ZÁBRADLÍM Z OCELOVÝCH VALCOVANÝCH U-PROFILŮ



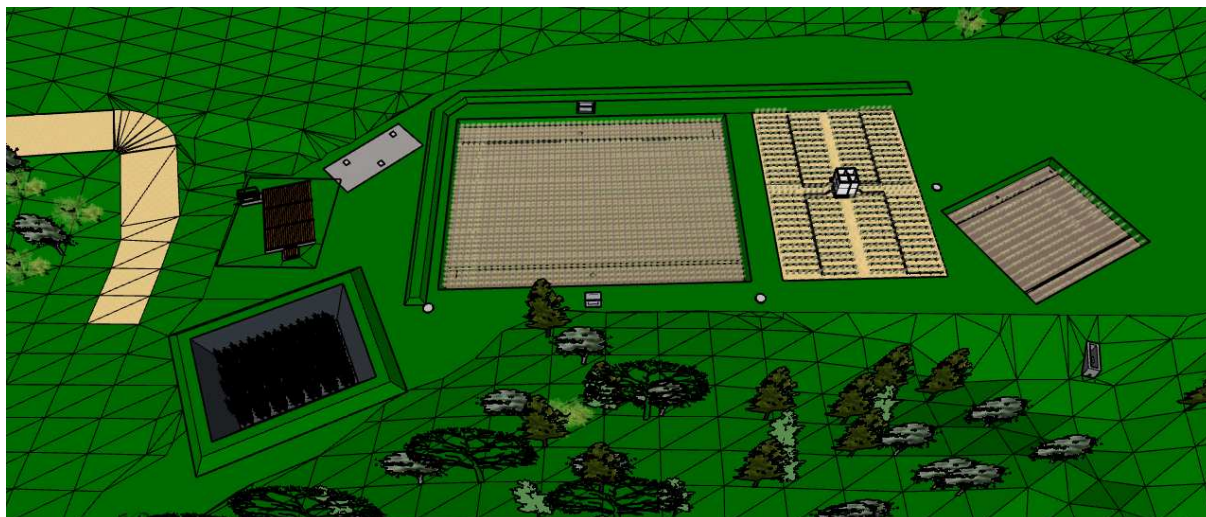
Biskoupky

VARIANTA IIIB - SCHÉMA ŘEŠENÍ

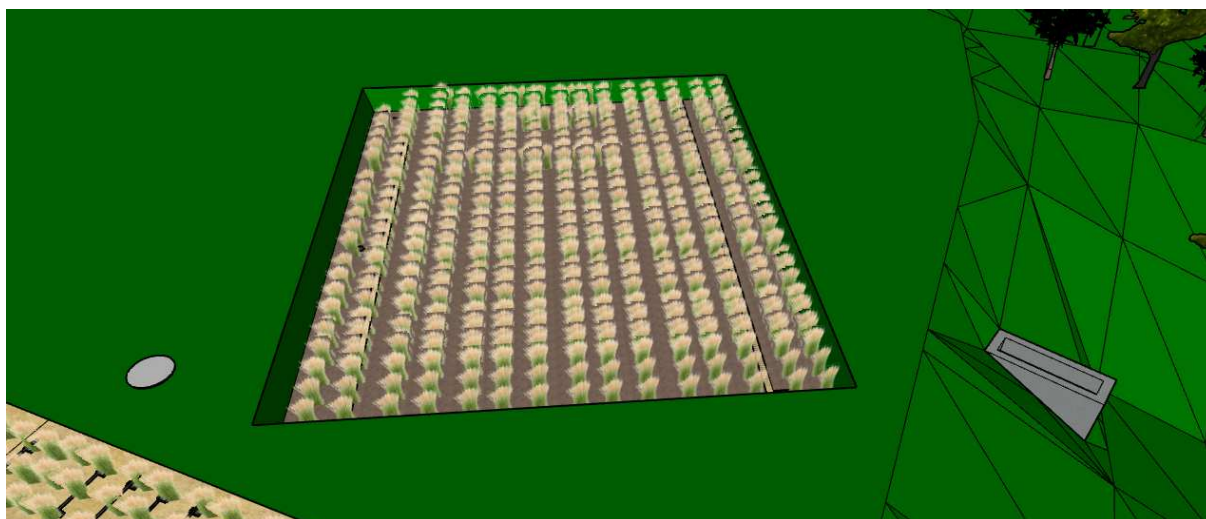


3D VIZUALIZACE VARIANTA III B

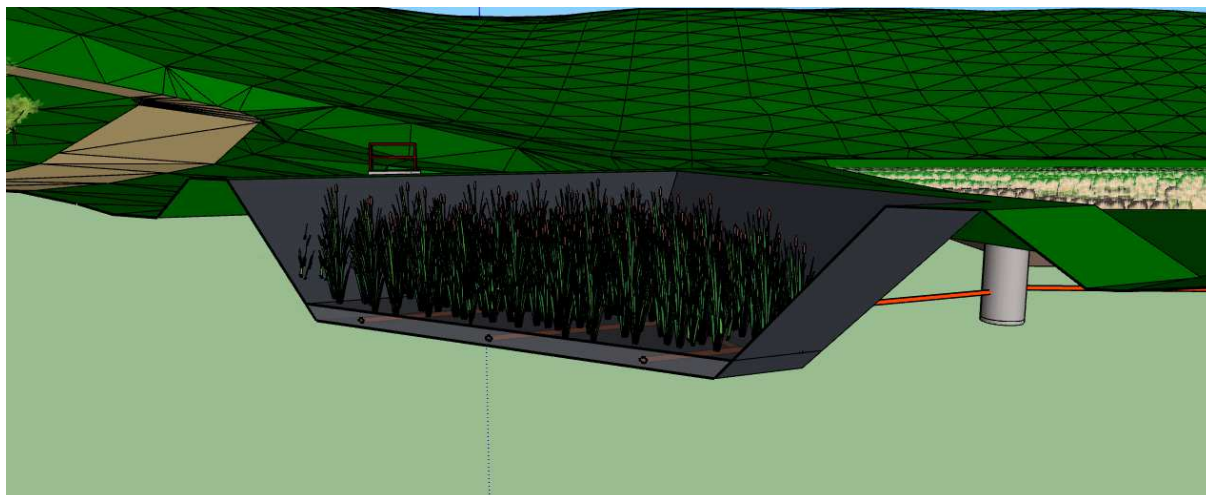
POHLED NA VARIANTU III B – 3. HORIZONTÁLNÍ POLE



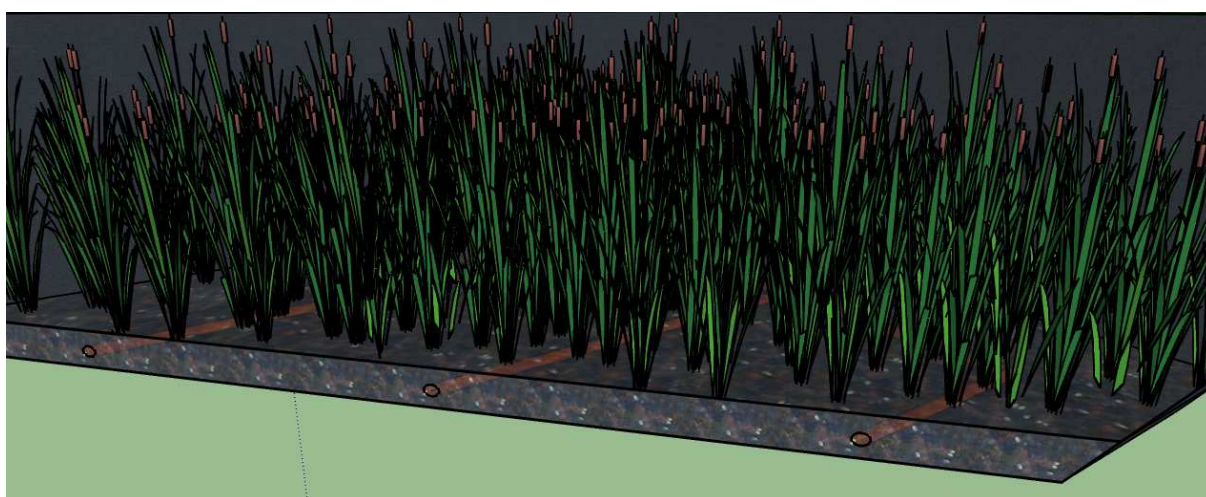
DETAIL 3. HORIZONTÁLNÍHO POLE SE SPECIÁLNÍ NÁPLNÍ VÁZAJÍCÍ DUSÍKATÉ SLOUČENINY



KALOVÉ POLE, NA DNĚ OSAZENO DRENÁŽNÍM SYSTÉMEM VRACEJÍCÍ PŘEBYTEČNOU VODU ZPĚT ZA HORIZONTÁLNÍ POLE



DETAIL KALOVÉHO POLE OSÁZENÉHO MOKŘADNÍ VEGETACÍ



VARIANTA III - ORIENTAČNÍ KALKULACE NÁKLADŮ

PŘEDBĚŽNÝ PRŮZKUM	Počet hodin/ Množství materiálu	Cena za hodinu/ množství (s DPH)	Cena
Zkosení a úklid filtračního pole	20 h	80 Kč	1600 Kč
Zjištění stavu funkčnosti horizontálních polí	8 h	80 Kč	640 Kč
Stav akumulární/usazovací nádrže	8 h	100 Kč	800 Kč
Další potřebné průzkumy a měření			25000 Kč
CELKEM			28040 Kč
INVESTIČNÍ NÁKLADY			
Přívod elektřiny			
Vybudování elektrické přípojky			150000 Kč
Zemní práce:			
Skrývka zakolmatované vrtvy	20 h	1000 Kč/h	20000 Kč
Přesun filtračního materiálu	20 h	1000 Kč/h	20000 Kč
Vytvoření ochranných hrázek	16 h	1000 Kč/h	16000 Kč
Navezení nové vrstvy filtračního materiálu	16 h	2000 Kč/h	32000 Kč
Vybudování lapáku písku:			
Zemní práce	8 h	1000 Kč/h	8000 Kč
Betonový žlab			5000 Kč
Lapák písku z PE desek	10 m ²	2200 Kč/m ²	22000 Kč
Technologie srážení fosforu:			
Dávkovací čerpadlo			35000 Kč
Šachta pro dávkovací čerpadlo			20000 Kč
Zásobník na dávkované chemikálie			50000 Kč
Konzultace technologie			80000 Kč
Úprava akumulární nádrže:			
Vyčištění a odčerpání kalu	5 h	3000 Kč/přečerpání	15000 Kč
Manuální práce	20 h	80 Kč/h	1600 Kč
Oprava a ošetření stěh			3000 Kč
Vytvoření příček z PE desek	20 m ²	2200 Kč/m ²	44000 Kč
Materiál filtrační pole:			
Štěrka praný 4/8	75 m ³		
	187,5 t	300 Kč/t	56250 Kč
Štěrka praný 0/4	200 m ³		
	400 t	360 Kč/t	144000 Kč
Potrubí DN 110	40 m	100 Kč/m	4000 Kč
Potrubí DN 40	450 m	70 Kč/m	31500 Kč
Tvarovky - T-kus DN 110	100 ks	45 Kč/ks	4500 Kč
Tvarovky - redukce 110/40	100 ks	30 Kč/ks	3000 Kč
Šachta čerpací	1 ks		5000 Kč
Šachta rozdělovací Materiál	16 m ²	1400 Kč/m ²	22400 Kč
Zateplení	16 m ²	150 Kč/m ²	2400 Kč
Pulzní vypouštěče AS-pulz	2 ks	8000 Kč/ks	16000 Kč
Podkladní ŽB panel pod šachtu	1 ks	1500 Kč/ks	1500 Kč
Zámková dlažba pod potrubí	500 ks	8 Kč/ks	4000 Kč
Mokřadní rostliny	2000 ks	10 Kč/ks	20000 Kč
Čerpadlo	1 ks	12000 Kč/ks	12000 Kč
Časovač	1 ks	400 Kč/ks	400 Kč
Hadice	30 m	30 Kč/m	900 Kč

	Počet hodin/ Množství materiálu	Cena za hodinu/ množství (s DPH)	Cena
Septik:			
Zemní práce	5 h	3000 Kč/h	15000 Kč
Podkladní beton C 16/20	11 m ³	2000 Kč/m ³	22000 Kč
Beton C 30/37	64 m ³	2600 Kč/m ³	166400 Kč
Potrubí DN 110	15 m	100 Kč/m	1500 Kč
T-kus DN 110	2 ks	45 Kč/ks	90 Kč
Koleno DN 110	2 ks	45 Kč/ks	90 Kč
Poklop 600/600	3 ks	3775 Kč/ks	11325 Kč
Manuální práce	200 h	80 Kč/h	16000 Kč
Doprava betonové směsy	90 km	84 Kč/km/9m ³	7560 Kč
Bednění	112 dny	9 Kč/den	18144 Kč
Výztuž	1530 m	13 Kč/m	19890 Kč
Vybudování třetího filtračního pole:			
Zemní práce	50 h	3000 Kč/h	150000 Kč
PVC folie	210 m ²	5500 Kč/30m ²	38500 Kč
Geotextilie	800 m ²	23 Kč/m ²	18400 Kč
Potrubí DN 110	30 m ²	100 Kč/m ²	3000 Kč
Tvarovky	10 ks	45 Kč/ks	450 Kč
Šachty	2 ks	10000 Kč/ks	20000 Kč
Filtrační materiál	300 m ³	1000 Kč/m ³	300000 Kč
Manuální práce	200 h	80 Kč/h	16000 Kč
Stabilizační nádrž:			
Zemní práce	50 h	3000 Kč/h	150000 Kč
PVC folie	210 m ²	5500 Kč/30m ²	38500 Kč
Geotextilie	800 m ²	23 Kč/m ²	18400 Kč
Šachty	2 ks	10000 Kč/ks	20000 Kč
Požerák			100000 Kč
Mokřadní vegetace	100 ks	100 Kč/ks	10000 Kč
Plovoucí ostrovy	30 ks	800 Kč/ks	24000 Kč
Další náklady:			
Doprava šterku	40 km	40 Kč/km	1600 Kč
	25 t	1 auto s návěsem	37600 Kč
Úprava šachet	16 h	80 Kč/h	1280 Kč
Manuální práce	250 h	80 Kč/h	20000 Kč
			CELKEM 2095179 Kč
PROVOZNÍ NÁKLADY NA 1 ROK:			
Kosení vegetace na filtračních polích	20 h	80 Kč/h	1600 Kč
Odstranění kalu z nádrže	3 ročně	3000 Kč/přerpání	9000 Kč
Spotřeba elektrické energie			2000 Kč
Údržba a provoz	400 h	80 Kč/h	32000 Kč
			CELKEM 44600 Kč
KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ:			
Zemní práce (mechanické stroje):			
Výkopy a násypy	20 h	1000 Kč/h	20000 Kč
Materiál:			
PVC folie	90 m ²	5500 Kč/30m ²	16500 Kč
Geotextilie	180 m ²	23 m ²	4140 Kč
Potrubí DN 40	80 m	25 Kč/m	2000 Kč
Tvarovky	20 ks	15 Kč/ks	300 Kč
Rostliny	250 ks	10 Kč/ks	2500 Kč
Další náklady:			
Manuální práce	40 h	80 Kč/h	3200 Kč
			CELKEM 48640 Kč
INVESTICE REKONSTRUKCE HF, NOVÝ VF, NOVÝ SEPTIK, BEZ SRÁŽENÍ FOSFORU			1124209 Kč
INVESTICE REKONSTRUKCE HF, NOVÝ VF, NOVÝ SEPTIK, SRÁŽENÍ FOSFORU			1309209 Kč
INVESTICE REKONSTRUKCE HF, NOVÝ VF, NOVÝ SEPTIK, SRÁŽENÍ FOSFORU, TERCÍANÍ HF			1855559 Kč
INVESTICE REKONSTRUKCE HF, NOVÝ VF, NOVÝ SEPTIK, SRÁŽENÍ FOSFORU, STABILIZAČNÍ NÁDRŽ			1670109 Kč